



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304124>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ НАФТОВМІСНИХ ВОД

Марта ВОЗНІЮК, Тетяна ШАБЛІЙ, Микола ГОМЕЛЯ

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Берестейський, 37, м. Київ 03056, Україна

e-mail: vozniukmarta@gmail.com

Анотація

Дана робота присвячена оцінці ефективності застосування електрофлотації із використанням алюмінієвого аноду для вилучення нафти з модельних воднонафтових розчинів різної мінералізації (сольового вмісту). Електрофлотаційна обробка воднонафтових емульсій забезпечує досить високий ступінь видалення нафти, що є на рівні 98,6–99,9 % з застосуванням алюмінієвого електроду при анодній щільності струму 1,65–7,39 А/дм² для модельних солоних вод та 0,07–0,50 А/дм² для модельних прісних нафтовмісних вод. Найкращі результати досягаються протягом перших 15 хвилин обробки водних нафтовмісних розчинів. Дослідження показує, що ефективність вилучення нафти з води залежить від її мінералізації (вмісту NaCl): в солоній воді процес очищення проходить ефективніше. Разом з тим, спостерігається зменшення концентрації хлорид-іонів та зростання рН середовища в оброблених електрофлотацією водах.

Ключові слова: нафтовмісні води, очищення води, лляльні води, електрофлотація, алюмінієвий анод.

Проблема забруднення гідросфери постає все більш гостро з зростанням світового судноплавства. Одним з основних джерел забруднень водного середовища є нафтовмісні води, що утворюються в процесі експлуатації водного транспорту. Забруднення доквілля нафтою та нафтопродуктами призводить до порушення екологічної рівноваги та природного балансу екосистем [1-3].

Існують правові вимоги щодо поводження з стічними водами з суден, що визначені національними та міжнародними документами. Документами державного рівні щодо захисту водного середовища передбачена повна заборона щодо скидання забруднених, в тому числі нафтовмісних, вод у водні об'єкти. Ще одним з документів є Міжнародна конвенція щодо запобігання забрудненню моря з суден (МАРПОЛ-73/78) [4], згідно з якої дозволяється скидати у міжнародних водах за борт очищені лляльні води з концентрацією нафтопродуктів не більше 15 ppm (15 мг/дм³).

Одним з основних видів нафтовмісних вод суден є лляльні води, що характеризуються різноманітним морфологічним складом. Нафтопродукти в даних водах перебувають у різних станах нерозчиненому, емульгованому, колоїдному та розчиненому станах. Вміст нафтопродуктів складає у середньому 2000–3000 ppm (2–3 г/дм³). рН даних вод перебуває в межах 5,9–8,5. Саме ці показники і визначають найбільш ефективні методи їх очищення.

Основні методи очищення нафтовмісних вод розподіляють на фізичні, хімічні, біологічні методи та їх комбінації [5]. Всі методи мають як ряд переваг, так і недоліків.

Серед сучасних методів очищення вод досить перспективними є електрохімічні методи, зокрема електрофлотація, що відзначаються високим ступенем вилучення забруднювачів, швидкістю обробки та компактністю устаткування. Разом з тим, для ефективного їх застосування доцільно враховувати експлуатаційні параметри електрохімічних процесів.

Метою даної роботи була оцінка ефективності електрофлотаційного очищення нафтовмісних модельних вод від політванту – нафти з допомогою алюмінієвого електроду

В даній роботі було використано однокамерний елетролізер об'ємом 500 см^3 та площами катоду та електроду $S_A=S_K=0,26 \text{ дм}^2$. Між пластинами відстань була встановлена 6,5 см. Катод представлений металевою пластиною з легованої сталі 12Х18Н10Т, анод – алюмінієва пластина. У роботі було використано модельні водно-нафтові розчини різного солевмісту (1 – 100 мг/дм^3 нафти, 200 мг/дм^3 хлориду натрію; 2 – 100 мг/дм^3 нафти, 30 г/дм^3 хлориду натрію). Електроліз було проведено за анодної щільності струму $0,07 - 7,39 \text{ А/дм}^2$ та напрузі $10 - 20 \text{ В}$. Електрофлотацію проводили протягом 1 години, відбираючи кожні 15 хвилин проби та визначаючи у відфільтрованих пробах залишкову концентрацію нафти у воді (ступінь очищення), концентрацію хлорид-іонів та рН середовища.

На рисунку 1 представлено графіки зміни концентрації нафти у воді та підвищення ступеню очищення нафтовмісних вод застосовуючи електрофлотацію з використанням алюмінієвого електроду.

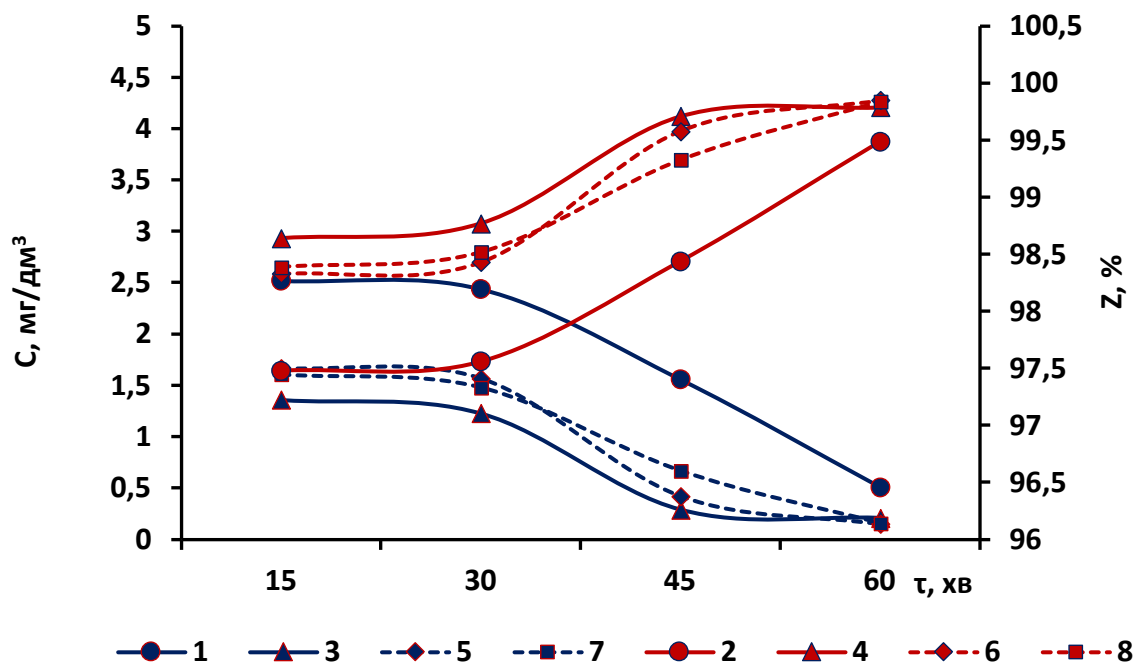


Рис.1. Зниження концентрації нафти у воді (1, 3, 5, 7) та підвищення ступеню очищення води (2, 4, 6, 8) з часом електрофлотації воднонафтових розчинів (100 мг/дм^3 нафти, $30 \text{ г/дм}^3 \text{ NaCl}$ (1, 2, 3, 4); 100 мг/дм^3 нафти, $200 \text{ мг/дм}^3 \text{ NaCl}$ (5, 6, 7, 8)) в однокамерному електролізері ($U=10 \text{ В}$ (1, 2, 5, 6); 15 В (7, 8); 20 В (3, 4); $j=1,65 \text{ А/дм}^2$ (1, 2); $6,69 \text{ А/дм}^2$ (3, 4); $0,37 \text{ А/дм}^2$ (5, 6); $0,36 \text{ А/дм}^2$ (7, 8)) при використанні алюмінієвого аноду

Як відображають результати дослідження електрофлотація дозволяє досягти високого ступеню вилучення нафти.

Електрофлотація сильносолевих воднонафтових розчинів за фіксованої напруги 10 В дозволяє зменшити концентрацію забруднювача (нафти) за 15 перших хвилин до 2,52 мг/дм³, ступінь очищення води при цьому складає 97,48 %. Продовження часу електрофлотації зменшує вміст нафти до 0,51 мг/дм³ (ступінь видалення – 99,49 %). Підвищення напруги до 20 В забезпечують збільшення ефективності вилучення нафти з води вдвічі, що відповідає ступеню очищення через годину процесу 99,49%.

Застосування процесів електрофлотації для очищення слабосолевих водно-нафтових розчинів відзначається кращою ефективністю порівняно з сильносолевыми розчинами. За фіксованої напруги (U=10) протягом перших 15 хвилин досягається зниження концентрації нафти до 1,67 мг/дм³ (ступінь очищення – 98,33 %), з продовженням часу електрофлотації відбувається подальше вилучення забруднювача (нафти) до значень залишкової концентрації через 1 годину – 0,15 мг/дм³ (ступінь очищення – 99,85 %). Підвищення напруги в процесі електрофлотаційної обробки модельної нафтовмісної прісної води не підвищило ефективність очищення води. Разом з тим, в даних розчинах розчинах відбувався значний опір в системі. Сила струму у цьому випадку складала 0,07–0,1 А при напрузі 10–15 В.

Також, під час електрофлотаційної обробки води з використанням алюмінієвого електроду в досліджуваних пробах було встановлено залишкову концентрацію хлорид-іонів та рН середовища, результати представлені на рисунку 2.

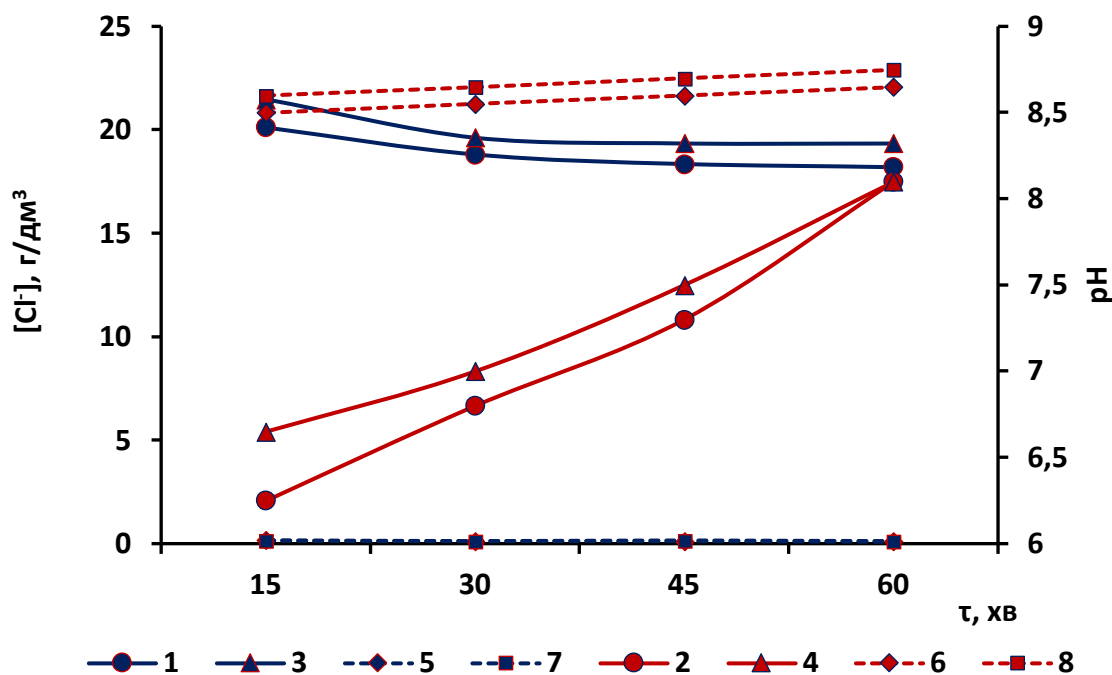


Рис.2. Зміна концентрації хлоридів у воді (1, 3, 5, 7) та рН середовища (2, 4, 6, 8) з часом електрофлотації воднонафтових розчинів (100 мг/дм³ нафти, 30 г/дм³ NaCl (1, 2, 3, 4); 100 мг/дм³ нафти, 200 мг/дм³ NaCl (5, 6, 7, 8)) в однокамерному електролізері (U=10 В (1, 2, 5, 6); 15 В (7, 8); 20 В (3, 4); j=1,65 А/дм² (1, 2); 6,69 А/дм² (3, 4); 0,37 А/дм² (5, 6); 0,36 А/дм² (7, 8)) при використанні алюмінієвого аноду

Данні дослідження, що представлені на графіку, відображають результати зменшення концентрація хлорид-іонів, що обумовлено електрохімічними реакціями, що супроводжуються утворенням кисню та/або активного хлору:



При обробці сольових воднонафтових модельних розчинів, за напруги 10 та 20 В та щільності струму 1,65 А/дм² та 6,69 А/дм² найбільше зниження концентрації хлорид-іонів із 30,0 г/дм³ до 20,1 г/дм³ та 21,5 г/дм³ відбулось протягом першої чверті години. Подальша обробка води електрофлотацією не відобразила значного покращення результатів. Обробка прісних воднонафтових модельних розчинів електрофлотацією, за напруги 10 В і 15 В та щільності струму 0,36 А/дм² забезпечила зниження концентрації хлорид-іонів протягом години із 200 мг/дм³ до 100–113 мг/дм³ Зниження концентрації хлорид-іонів

Електрофлотаційна обробка нафтовмісної води також сприяла підвищенню рН середовища, що описується електрохімічними реакціями, які відбуваються на катоді з утворенням водню та гідроксид-аніонів:



За напруги 10–20 В при електрофлотації рН за перші 15 хвилин збільшилося з 6,25 та 6,65 до 8,1 за годину для сильномінералізованої води, та за напруги 10–15 В рН з 8,5 та 8,6 (перші 15 хв) до 8,65 та 8,75 за годину для слабомінералізованих вод.

Отже, як відображають результати дослідження електрофлотаційна обробка воднонафтових розчинів різної мінералізації з застосуванням алюмінієвих електродів за анодної щільності струму 1,65–7,39 А/дм² та напруги 10 В і 20 В для солоних вод та 0,07–0,50 А/дм² та напруги 10 В і 15 В для прісних вод забезпечує досить високий ступінь очищення даних вод який складає 98,6–99,9 %.

Література

1. Nugroho T. F., Baheramsyah A., Trikurnia N. A. 2019. Analysis of port-based discharge water treatment of ships, case Study: PT. TPS. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, 3(4), 141– 147.
2. Dembovych B. I., Yavorska S. V. 2013. Pollution of oceans by oil and oil products. Proceedings of the VII International Scientific Conference. Dnipropetrovsk: Adverta, 45–48. (In Ukrainian).
3. PT. TPS. (2017). Data Asset. Surabaya: PT. TPS.
4. International convention for the prevention of pollution from ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978, or "MARPOL 73/78".
5. Mysore D., Viraraghavan T., Jin, Y.C. 2006. Oil/water separation technology-A review. Journal of Residuals Science and Technology, 3, 5–14.

**EFFICIENCY OF ELECTROFLOTATION APPLICATION
FOR OILY WATER TREATMENT**

Marta VOZNIUK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-0010-8895>

Tetyana SHABLIY

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-3454-675X>

Mykola GOMELYA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-1165-7545>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304124>

Keywords: *oil-containing waters, water purification, bilge water, electroflotation, aluminum anode.*

Abstract

This work is devoted to evaluating the effectiveness of electroflotation using aluminum anode to extract oil from model water-oil emulsion of different mineralization (salt content). Electroflotation treatment of water-oil emulsions provides a fairly high degree of oil removal, which is at the level of 98.6-99.9% using an aluminum electrode with an anode current density of 1.65-7.39 A/dm² for model salt waters and 0.07-0.50 A/dm² for model fresh oil-containing waters. The best results are achieved during the first 15 minutes of treatment of aqueous oily solutions. The study shows that the efficiency of oil extraction from water depends on its mineralization (NaCl content): in salt water, the purification process is more efficient. At the same time, there is a decrease in the concentration of chloride ions and an increase in the pH in the waters treated with electroflotation.