

2. Miklos D.B., Remy C., Jekel M., Linden K.G., Drewes J.E., Hübner U. Evaluation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment – A critical review. *Water Res.* 2018. V. 139. P. 118–131.
3. Gowland D.C.A., Robertson N., Chatzisymeon E. Photocatalytic oxidation of natural organic matter in water. *Water.* 2021. V. 13. 288.
4. Sillanpää M, Ncibi MC, Matilainen A. Advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter from drinking water sources: A comprehensive review. *J. Environ. Manage.* 2018. V. 208. P. 56–76.
5. Wang G.-S., Liao C.-H, Chen H.-W., Yang H.-C. Characteristics of natural organic matter degradation in water by UV/H₂O₂ treatment. *Environ. Technol.* 2006. V. 27, N 3, P. 277–287.
6. Juretić H., Smoljanić G., Barta M. Degradation of natural organic matter in water by using UV-C/H₂O₂ process. *The Holistic Approach to Environment.* 2015. V. 5, N 3. P. 135–149.
7. Muruganandham M., Suri R.P.S., Jafari Sh., Sillanpää M., Lee G.-J., Wu J.J., Swaminathan M. Recent developments in homogeneous advanced oxidation processes for water and wastewater treatment. *Internat. J of Photoenergy.* 2014. V. 2014. 821674.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ НАФТОВІСНИХ ВОД СУДНОПЛАВСТВА

Аспірантка Вознюк М.Б.

Науковий керівник: к.т.н., доц. Шаблій Т. О.

Гомеля М. Д., Макаренко І. М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна
e-mail: vozniukeco@ukr.net*

Розвиток судноплавства вимагає створення сучасного флоту з потужним устаткуванням, великою вантажопідйомністю, високою швидкістю, точних автоматизованих систем управління судноплавним обладнанням. З іншого боку, сучасність вимагає зменшення енерго- та матеріаловитрат, а також мінімізації шкідливих скидів під час експлуатації суден [1]. За статистикою судноплавство є причиною приблизно 45 % нафтового забруднення світового океану. [2] Аналіз моніторингових спостережень вказує на те, що найбільша частина забруднень гідросфери нафтою та нафтопродуктами пов'язана зі скидом промивних, баластних та лляльних вод.

Через широкий діапазон та плинність концентрацій нафти в стічних водах суден, а також завдяки багатьом морфологічним формам нафти у стічних водах пропонується велика кількість методів для їх очищення. Основними методами очищення нафтовмісних вод є фізичні, хімічні, біологічні методи в різних способах їх реалізації [3]. Різні методи мають ряд переваг та недоліків.

В даній роботі було проведено дослідження застосування електрохімічних методів очищення води від нафти та нафтопродуктів що є ефективними, легко реалізуються, тому є перспективними. Відповідно, для забезпечення високої ефективності очищення води та

запобігання перевитраті електродних металів і потрапляння їх в іонному вигляді у доквілля доцільно продовжувати дослідження щодо вивчення впливу експлуатаційних параметрів на процес. Також слід звертати увагу на характеристики вихідної забрудненої води, зокрема, її мінералізацію, так як даний параметр суттєво впливає на ступінь очищення води.

Метою даної роботи була оцінка ефективності електрокоагуляційного очищення води від нафти з допомогою алюмінієвих та залізних електродів.

В роботі застосовували однокамерний електролізер об'ємом 300 см³. Площа катоду дорівнювала площі аноду $S_A=S_K=0,26$ дм³. Відстань між пластинами становила 0,06 м. В якості катоду була використана металева пластина з легованої сталі 12Х18Н10Т. В якості аноду використовували алюмінієві або залізні пластини. Для електролізу використовували джерело постійного струму. В роботі використовували водно-нафтові модельні розчини, які імітували прісну та морську воду: 1 – 100 мг/дм³ нафти, 200 мг/дм³ хлорид натрію; 2 – 100 мг/дм³ нафти, 30 г/дм³ хлорид натрію.

Електроліз проводили при анодній щільності струму від 0,34 А/дм² (0,09 А) до 2,11 А/дм² (0,55 А), визначаючи з постійним інтервалом часу (15 хвилин) у відфільтрованій воді:

- спектрофотометричним методом залишкову концентрацію нафти;
- аргентометричним титруванням концентрацію хлоридів;
- потенціометричним методом рН середовища.

Результати досліджень показують, що електрокоагуляційна обробка воднонафтових розчинів забезпечує 98–99 % видалення нафти із застосуванням алюмінієвих та залізних електродів при анодній щільності струму 0,57–2,11 А/дм² для високомінералізованих вод та 0,34 А/дм² для прісних вод. Зниження концентрації нафти зі 100 мг/дм³ до значень на рівні 1,55–2,93 мг/дм³ досягається протягом перших 15 хв.

Порівнюючи ефективність вилучення нафти з водних розчинів із застосуванням алюмінієвих та залізних анодів (рис. 1), можливо зробити наступні висновки.

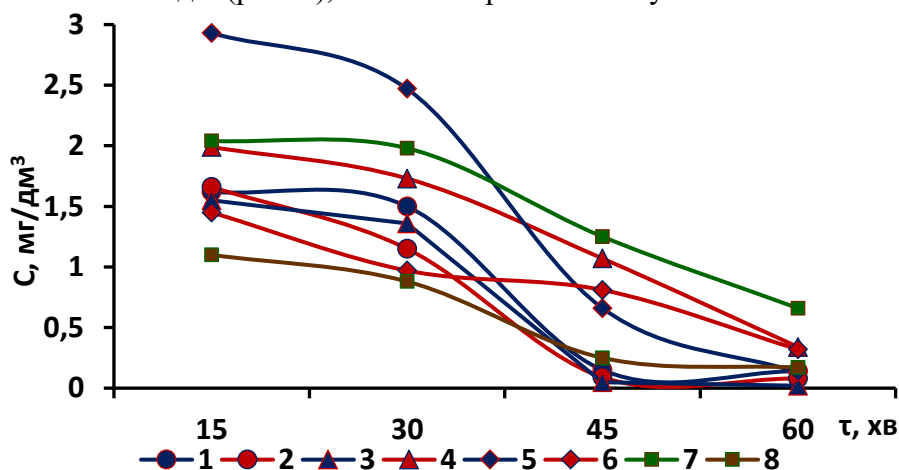


Рис.1 Зменшення концентрації нафти у воді з часом електрокоагулювання воднонафтових розчинів (100 мг/дм³ нафти, 30 г/дм³ NaCl (1–6); 100 мг/дм³ нафти, 200 мг/дм³ NaCl (7, 8)) в однокамерному електролізері ($V=300$ см³, $I=0,15$ А (1, 2); 0,25 А (3, 4); 0,55 А (5, 6); 0,09 А (7, 8); $j=0,57$ А/дм² (1, 2); 0,96 А/дм² (3, 4); 2,11 А/дм² (5, 6); 0,34 А/дм² (7, 8)) при використанні алюмінієвого (1, 3, 5, 7) та залізного (2, 4, 6, 8) анодів

Загалом, і алюмінієві, і залізні аноди забезпечують високу ефективність видалення нафти з води. На перших етапах електрохімічної обробки води спостерігається більш ефективне застосування залізного аноду. Проте з часом, в кінцевому результаті, максимальне зниження концентрації нафти забезпечує алюмінієвий анод. На 45 хвилині електрокоагулювання алюмінієвий електрод забезпечує зниження концентрації нафти до $0,05\text{--}0,15$ мг/дм³ при анодній щільності струму $0,57$ А/дм² та $0,96$ А/дм². Подальше збільшення анодної щільності струму до $2,11$ А/дм² не забезпечує такого ефекту, що, можливо, пояснюється частковою пасивацією металу.

В той же час при використанні залізного аноду концентрація нафти знизилась за 45 хвилин до $1,07\text{--}0,81$ при анодній щільності струму $0,96$ А/дм² та $2,11$ А/дм². Уповільненість процесу пов'язана, скоріше за все, з більшою кількістю стадій процесу вразі застосування залізних анодів.

Щодо залишкової концентрації хлоридів дослідження показало наступні результати. Під час проведення електрокоагулювання високомінералізованої воднонафтової емульсії у перші 15 хвилин концентрація хлоридів різко зменшувалась як при застосуванні алюмінієвих так і залізних електродів: із 30 г/дм³ до $16,6\text{--}18,4$ г/дм³ при анодній щільності струму в межах $0,57\text{--}2,11$ А/дм² з застосуванням алюмінієвого аноду, та до $15,9\text{--}15,4$ г/дм³ при анодній щільності струму в межах $0,57\text{--}0,96$ А/дм² з застосуванням залізного електроду. Далі відбувалося повільне зменшення концентрації хлоридів при застосуванні алюмінієвого електроду, і взагалі не спостерігалось зменшення концентрації при застосуванні залізного електроду. У слабомінералізованій воді більшу ефективність зменшення концентрації хлоридів протягом 1 години при анодній щільності струму $0,34$ А/дм² показав алюмінієвий електрод (з 200 мг/дм³ до $177\text{--}35$ мг/дм³) в порівнянні з залізним (з 200 мг/дм³ до $177\text{--}106$ мг/дм³).

Щодо рН середовища спостерігалась схожа поведінка його зміни як для алюмінієвого так і для залізного електроду: з часом обробки води відбувалося незначне його зростання до значень $7,8\text{--}8,2$ для алюмінієвого електроду та до $7,6\text{--}8,15$ для залізного електроду, і з повільним збільшенням у прісній воді для обох електродів. Лише при застосуванні залізного електроду при щільності струму $2,11$ А/дм² в останню чверть години спостерігалось різке підвищення рН до $11,5$.

Як висновок, дослідження підтвердили ефективність застосування електрокоагуляції для видалення нафти з воднонафтових емульсій різної мінералізації із застосуванням алюмінієвих та залізних анодів. Обробка воднонафтових розчинів з вмістом нафти 100 мг/дм³ електрокоагуляцією в однокамерному електролізері забезпечує $98\text{--}99$ % видалення нафти із застосуванням даних електродів при анодній щільності струму $0,57\text{--}2,11$ А/дм² для високомінералізованих вод та $0,34$ А/дм² для прісних вод. Обробка води протягом перших 15 хвилин забезпечує зниження концентрації нафти зі 100 мг/дм³ до значень на рівні $1,55\text{--}2,93$ мг/дм³. При продовженні часу обробки води до 45 хвилин більшу ефективність у високомінералізованих водах забезпечує алюмінієвий анод.

Список використаної літератури

1. Nugroho T. F., Baheramasyah 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), 141–47.
2. Дембович Б. І., Яворська С. В. Забруднення океанів нафтою та нафтопродуктами. Матеріали VII Міжнародної наукової конференції. – Дніпропетровськ: Адверта, 2013. – С. 45-48.
3. Mysore D., Viraraghavan T., Jin, Y.C. 2006. Oil/water separation technology-A review. Journal of Residuals Science and Technology, 3, 5–14.