



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

STUDII PRIVIND EPURAREA APELOR UZATE CU CONȚINUT DE ULEIURI VEGETALE PRIN PROCESUL DE ELECTROFLOTOCOAGULARE

Vasile MÎNZATU, Aylin CĂPRARU, Claudiu MĂRGINEAN,
Paula SIMODE, Bianca BUMBU, Alin GOLBAN,
Mihaela CIOPEC, Petru NEGREA

STUDIES REGARDING TREATMENT OF WASTEWATER WITH VEGETAL OILS CONTENT BY ELECTROFLOTOCOAGULATION PROCESS

Wastewater treatment means the combination of measures and processes by which the impurities of chemical or microbiological nature contained in wastewater are reduced under certain limits, so these waters will not cause any harm to the receiver which is discharged and not to endanger its water use. One of the advanced methods for this removal is electroflotocoagulation. In this paper we studied the optimal condition and efficiency of electrocoagulation process in the removal of vegetal oils from waste waters. The studied conditions are intensity of electrolysis current, electrolysis time and dynamic water flow rate through electrolysis cell.

Keywords: vegetal oils, wastewater, electrocoagulation
Cuvinte cheie: ulei vegetal, ape uzate, electrocoagulare

1. Introducere

Epurarea apelor uzate reprezintă ansamblul de măsuri și procedee prin care impuritățile de natură chimică sau bacteriologică conținute în apele uzate sunt reduse sub anumite limite, astfel încât

aceste ape să nu mai dăuneze receptorului în care se evacuează și să nu mai pericliteze folosirea apelor acestuia [1-4].

Uleiul vegetal uzat este considerat, conform Catalogului European de Deșeuri, ca fiind un **deșeu periculos**. Din acest motiv se impune o supraveghere atentă a apelor cu potențial conținut de uleiuri vegetale și o epurare avansată a acestora [5, 6].

În această lucrare s-a studiat eliminarea uleiurilor vegetale din ape uzate prin procesul de electroflotocoagulare cu anod solubil confecționat din fier în vederea stabilirii condițiilor de lucru (intensitate curent, timp de staționare, concentrații inițiale de ulei vegetal [5,7].

2. Partea experimentală

2.1 Modul de lucru

Procedeele electrochimice de epurare a apelor uzate se bazează pe utilizarea energiei electrice la conducerea proceselor de electroliză, procese în care au loc descompuneri de substanțe sau de formare de noi produși la electrod cu ajutorul curentului electric [1-4].

Procesul de electroflotocoagulare se folosește în tehnologia epurării apelor uzate. Prin electroflotocoagularea apelor uzate, pe lângă dizolvarea electrolitică a anozilor și formarea hidroxizilor de metal, mai au loc și alte procese electrochimice sau fizico-chimice cum ar fi:

- concentrarea electroforetică, adică mișcarea direcționată a particulelor dispersate sub formă de particule libere încărcate cât și concentrarea lor la suprafața electrozilor;
- aglomerarea agregatelor primare și coagularea lor;
- flotația agregatelor formate cu bule de gaze generate [5].

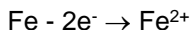
La folosirea anozilor solubili de aluminiu și fier sau aliaje ale acestora are loc dizolvarea lor electrochimică cu trecerea în soluție a ionilor acestor metale, care apoi prin hidroliză formează hidroxizi insolubili. Hidroxizii proaspăt formați posedă o activitate de adsorbție ridicată față de particulele coloidale și în suspensie.

În lucrarea de față s-a folosit o instalație de electroflotocoagulare cu anod solubil confecționat din fier.

Procesele electrochimice la electrozi sunt următoarele [5]:

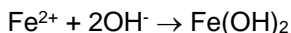
- la anod:

- dizolvarea anodică:



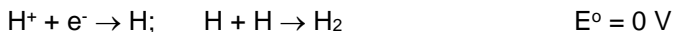
$$E^\circ = 0,44 \text{ V}$$

- formarea hidroxidului:

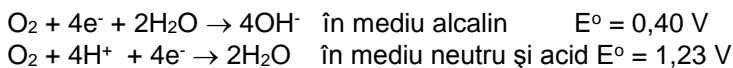


- la catod:

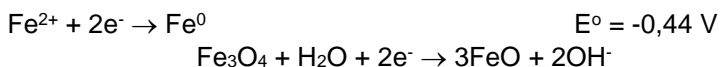
- depolarizarea cu ionii care migrează;



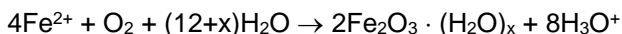
- depolarizarea cu molecule neutre:



- reducerea ionilor metalici și a peliculelor insolubile, de exemplu oxizi:



Procesele oxidării active a fierului pot să se complice prin atingerea stării de pasivare. Aceasta este legată de formarea pe suprafața electrodului de fier a peliculei de oxid în concordanță cu reacția:



Pentru a încetini procesul de formare a peliculei de oxid se activează anodul de fier cu ioni de clorură, adăugați în apa de epurat.

Instalația folosită (figura 1) constă dintr-o celulă de electrocoagulare cu anod și catod de fier, cu o suprafață totală de 840 cm², având în partea inferioară o conductă de alimentare cu apă uzată, pe peretele opus, la o înălțime adecvată, o conductă de evacuare apă epurată, și o conductă de evacuare a nămolului, celula fiind conectată la o sursă de tensiune stabilizată. Măsurătorile electrice au fost făcute cu ajutorul unui ampermetru și a unui voltmetru.

Concentrația uleiului vegetal în apa uzată a fost determinată prin metoda spectrofotometrică, utilizând spectrofotometrul UV-VIS, Varian Cary50. Prin această metodă s-au stabilit lungimile de undă la care apar picurile de absorbție. Aceste lungimi de undă sunt 258 nm,

268 nm și 279 nm (figura 2). Pentru aceste lungimi de undă s-au trasat dreptele de etalonare, calculându-se coeficienții de regresie (R^2) (tabelul 1 - Ecuțiile dreptelor de etalonare și valorile coeficienților de regresie) s-a stabilit că la lungimea de undă de 279 nm absorbția este maximă, fiind în continuare lungimea de undă la care s-au efectuat cercetările.

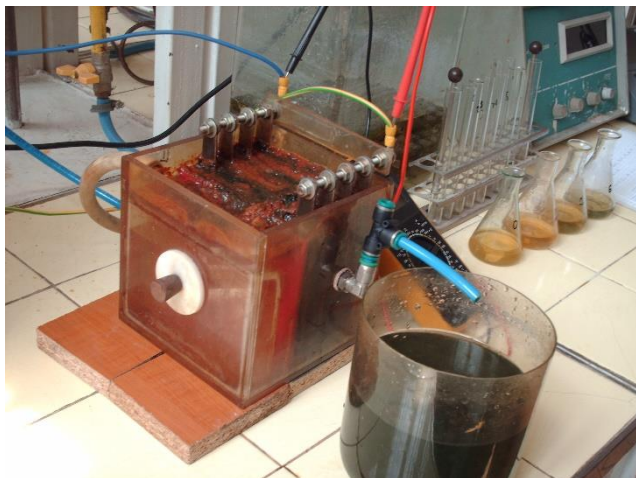


Fig. 1
 Celula de electroflotocogulare

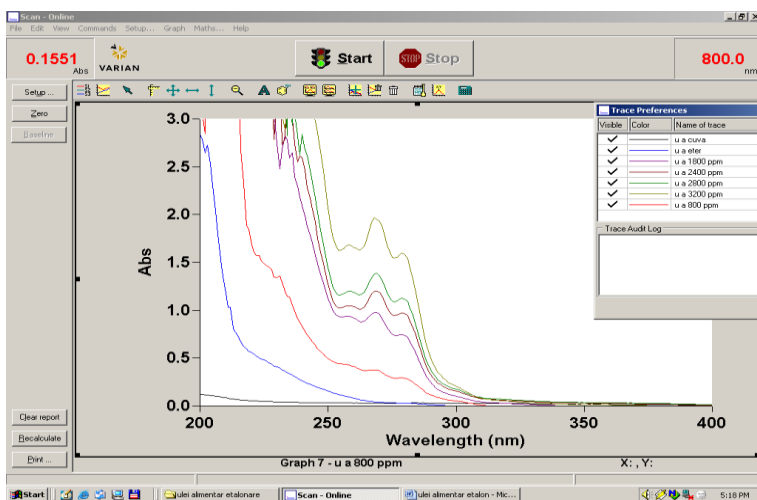


Fig. 2 Spectrul de absorbție UV-VIS pentru diferite concentrații de ulei vegetal în apă

Lungimea de undă, λ [nm]	Ecuția dreptei	Coefficienții de regresie, R^2
258	$y=0.0004x+0.0542$	$R^2=0.9814$
268	$y=0.0004x+0.0045$	$R^2=0.9895$
279	$y=0.0004x-0.0086$	$R^2=0.9988$

2.2 Rezultate și discuții

2.2.1 Studii în regim staționar

Pentru stabilirea condițiilor de lucru, studiile au fost efectuate în regim staționar, urmărindu-se influența diversilor parametrii (intensitatea curentului, timpul de staționare, concentrația inițială de ulei vegetal), asupra concentrației reziduale a uleiurilor vegetale din apele uzate.

Influența timpului de reacție și a intensității curentului electric asupra concentrației reziduale din apele uzate cu un conținut inițial de 1000 mg/L ulei vegetal este reprezentată în figura 3.

Se observă că la o intensitate a curentului de 3 A concentrația reziduală de ulei vegetal atinge valoarea minimă (62 mg/L) la un timp de electroflotocogulare de 12 minute, după care rămâne constantă.

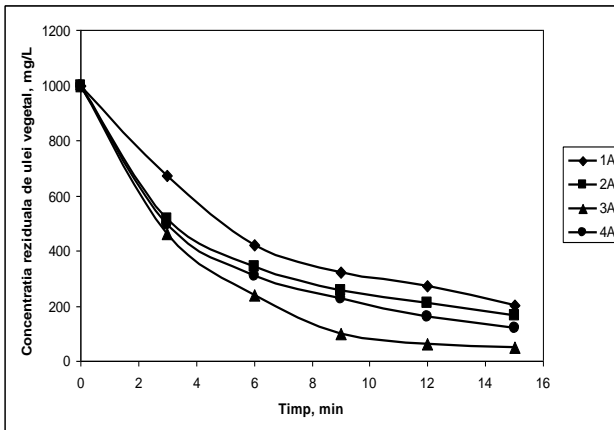


Fig. 3 Dependenta concentrației reziduale de ulei vegetal de timp la diferite valori ale intensității curentului

În concluzie, condițiile de lucru pentru eliminarea uleiului vegetal din apele uzate sunt densitatea de curent de $0,357 \text{ A/m}^2$, respectiv intensitatea curentului electric $I = 3 \text{ A}$ și timp de staționare $t = 12$ minute. S-a constatat că, odată cu creșterea intensității curentului,

în celula de electroflotocoagulare, are loc o creștere a temperaturii. Pentru aceasta, s-a urmărit și variația temperaturii funcție de timpul de electroflotocoagulare, cât și de intensitatea curentului electric.

Prin trecerea unui curent de 4 A, sau mai mare, se observă o încălzire accentuată a apei uzate din celulă de la temperatura inițială de 19,5 °C la temperatura de 36,7 °C, după 12 minute de funcționare.

Aceasta se poate explica prin faptul că temperatura apei uzate din celula de electroflotocoagulare crește odată cu creșterea intensității, fiind determinată de apariția efectului Joule-Thomson.

Un alt parametru urmărit este *concentrația inițială a uleiului vegetal*. Astfel, dependența concentrației reziduale de ulei vegetal din apele uzate de concentrația inițială a acestuia, la o intensitate a curentului de 3 A și un timp de electroflotocoagulare de 12 minute este prezentată în figura 4.

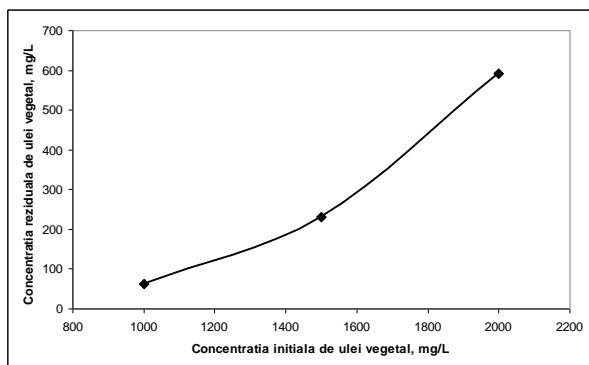


Fig. 4

Dependența
concentrației
reziduale a uleiului
vegetal de
concentrația inițială
de ulei vegetal din
apele uzate

Se observă o creștere accentuată a concentrației reziduale a uleiului vegetal odată cu creșterea concentrației inițiale a acestuia, ceea ce duce la concluzia că această metodă este eficientă pentru îndepărtarea uleiurilor vegetale la concentrații reduse, ca metodă avansată de epurare.

2.2.2. Studii în regim dinamic

Pentru studiul procesului în regim dinamic s-au utilizat două debite, de 8 L/h și de 12 L/h. Din figura 5 se observă faptul că, la un debit de 12 L/h, concentrația reziduală de ulei vegetal este de 88 mg/L, fiind mai scăzută decât în cazul debitului mai mic. Acest fapt ne permite să concluzionăm că, procesul de electroflotocoagulare în regim dinamic

se desfășoară în cele mai bune condiții, la un debit de 12 L/h, pentru tipul de celulă utilizată.

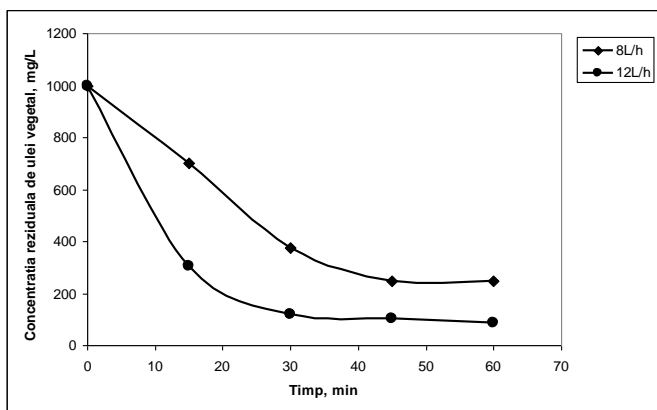


Fig. 5

Dependența concentrației reziduale a uleiului vegetal de timp pentru debite de alimentare de 12 L/h și 8 L/h

În cazul funcționării în regim staționar, dar și în regim dinamic, în timpul procesului de electroflotocoagulare, datorită dizolvării electrochimice a anozilor din fier în apă se vor regăsi hidroxizi de fier sub formă de suspensii.

O parte din aceste suspensii se depun la baza celulei, iar o parte vor fi flotate sub formă de spumă la suprafața celulei de electroflotație.

Spuma formată la suprafață conține hidroxid feric (culoare brună), hidroxid feros (alb-verzui), ulei vegetal separat din apa uzată și o cantitate ridicată de apă, umiditate precipitatului fiind de aproximativ 96 %.

2.2.3. Studii privind procesul de sedimentare

În regim dinamic de funcționare, la un debit de alimentare de 12 L/h, s-a urmărit viteza de sedimentare a suspensiilor de hidroxizi de fier prezente în apa rezultată în urma procesului de electroflotocoagulare.

S-au prelevat 500 mL de apă rezultată din procesul de electroflotocoagulare, apa rezultată din procesul de electroflotocoagulare s-a decantat timp de ~24 de ore (figura 6).

După 2 ore de decantare, suspensiile s-au depus, ceea ce arată că timpul de staționare în decantor poate fi estimat ca fiind de minim 2 ore.

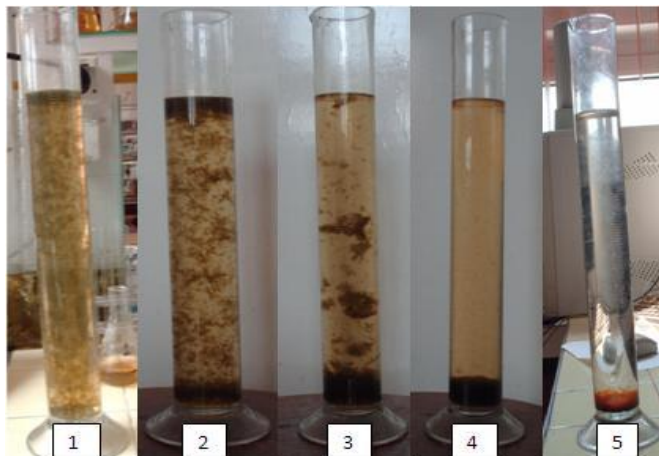


Fig. 6

Sedimentarea suspensiilor în timp

1 - momentul prelevării;
 2 - după 10 minute de sedimentare;
 3 - după 30 minute;
 4 - după 2 ore;
 5 - după aproximativ 24 de ore

2.2.4. Pasivarea electrozodului

Un alt fenomen urmărit, atât în regim staționar, cât și în regim dinamic de funcționare a celulei de electroflotocoagulare este *fenomenul de pasivare al electrozilor*.

În figura 7 se observă faptul că, în regim staționar intensitatea curentului scade, iar în regim dinamic, conform figura 8, fenomenul de pasivare este diminuat foarte mult datorită hidrodinamicii procesului.

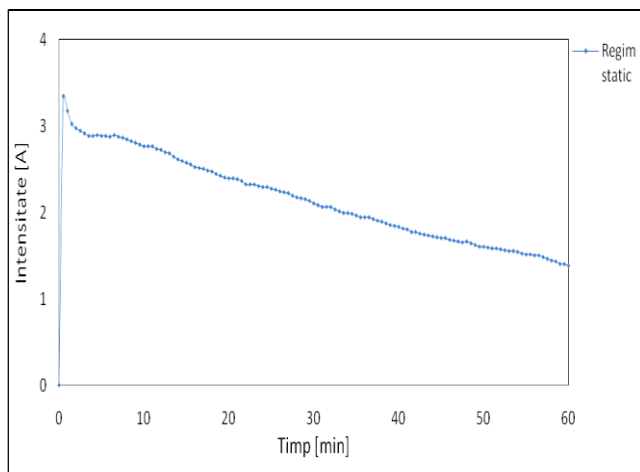


Fig. 7

Variația intensității curentului electric funcție de timp în regim staționar

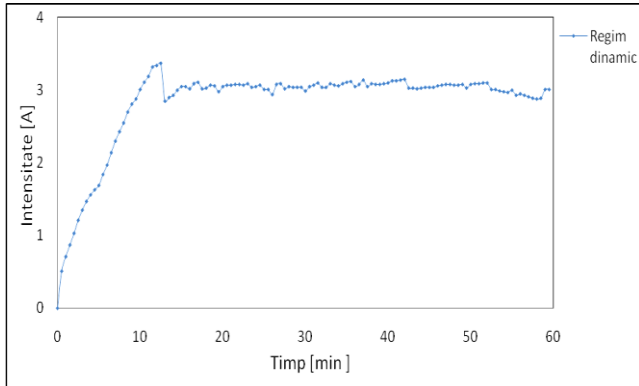


Fig. 8

Variația intensității curentului electric funcție de timp în regim dinamic

3. Concluzii

- În lucrare s-a studiat posibilitatea utilizării electroflotocoagulării cu anod solubil de fier ca metodă avansată de îndepărtare a uleiului vegetal din apele uzate.

- Din datele experimentale obținute, condițiile de lucru pentru eliminarea uleiului vegetal din ape uzate sunt: densitate de curent $> 0,357 \text{ A/m}^2$, timp de reacție $t > 12$ minute, obținându-se concentrații reziduale $< 62 \text{ mg/L}$ ulei vegetal în apă.

- Această metodă poate fi utilizată ca metodă de epurare avansată în cadrul tehnologiilor de epurare a apelor uzate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Yang, T., Qiao, B., Li, G-C., Yang, Qi-Y., *Improving performance of dynamic membrane assisted by electrocoagulation for treatment of wastewater: Effect of electrolytic conditions*, În: Desalination, nr. 363/2015, pag. 134-140.
- [2] Prica, M., Adamovic, S., Dalmacija, B., Rajic, L., Trickovic, J., Rapajic, S., Becelic-Tomin, M., *The electrocoagulation/flotation study: The removal of heavy metals from the waste fountain solution*, În: Process Safety and Environmental Protection, nr. 94/2015 pag. 262-273.
- [3] Al-Shannag, M., Al-Qodah, Z., Bani-Melhem, K., Qtaishat, M.R., Alkasrawi, M., *Heavy metal ions removal from metal plating wastewater using electrocoagulation: Kinetic study and process performance*, În: Chemical Engineering Journal, nr. 260/2015, pag. 749-756.

- [4] Kamaraj, R., Vasudevan, S., *Evaluation of electrocoagulation process for removal of strontium and cesium from aqueous solution*, În: Chemical Engineering Research and Design, nr. 93/2015, ag. 522-530.
- [5] Negrea, A., Negrea, P., Iovi, A., Vlaicu, I., *Studii privind eliminarea ionului fosfat din apele reziduale*, În: Simpozion "Mediul și Industria", București 24-26 Septembrie 1997, pag 217-225.
- [6] Nahui, F. N. B Nascimento, M. R., Cavalcanti, E. B. and Vilar, E. O., *Electroflotation of emulsified oil in industrial wastes evaluated with a full factorial design*, Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Academica de Mineração e Geologia, Av. Aprigio Veloso 882, Campina Grande - PB, Brazil, 2007.
- [7] Negrea, A., Negrea, P., Iovi, A., *Studies Concerning the Separation Process of the Phosphat Ion Water*, În: 3rd International Symposium Interdisciplinary Regional Research (Hungary, Romania, Yugoslavia), University of Novi Sad, 24-25 September 1998, pag. 885-888.

Muțumiri: Această lucrare a fost realizată prin programul Parteneriate în domenii prioritare - PN II, derulat cu sprijinul MEN-UEFISCDI, proiect nr. PN-II-PT-PCCA-2013-4-1708.

Prof. Dr. Ing. Petru NEGREA
e-mail: petru.negrea@upt.ro
membru AGIR - Sucursala Timiș
Universitatea Politehnica Timișoara
Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului,
P-ța Victoriei nr.2, Timișoara, Jud. Timiș, cod. 300006

Vasile MÎNZATU,
Aylin CĂPRARU,
Claudiu MĂRGINEAN,
Paula SIMODE,
Bianca BUMBU,
Alin GOLBAN,
Mihaela CIOPEC

Institutul de Cercetări pentru Energii Regenerabile - ICER