

CZU: 541.183:547.625:66.065.2

## ÎNLĂTURAREA COLORANTULUI PORTOCALIU ACTIV ȘI A ACIDULUI 2, 2-DIHDROXIMETIL PROPIONIC PRIN METODE DE CONCENTRARE, LA PRIMA ETAPĂ, URMATE DE OXIDARE ȘI ADSORBȚIE

*Maria GONȚA, Vera MATVEEVICI,  
Viorica IAMBARȚEV, Larisa MOCANU, Gheorghe DUCA \**

*Universitatea de Stat din Moldova*

*\*Academia de Științe a Moldovei*

A fost studiat procesul de diminuare a concentrației emolientului, acidul 2,2-dihidroximetil propionic (DMPA), în prezența colorantului textil portocaliu activ (PA).

S-a constatat că efectul înlăturării componentelor din amestecul de colorant și emolient se mărește la aplicarea metodei de electroflotare sau electroflotocoagulare, iar la aplicarea metodei de coagulare efectul înlăturării se micșorează. La fel, s-a stabilit că sistemele cu concentrații mici de colorant PA (100,0 mg/l) și emolient (20,0-80,0 mg/L) se epurează prin combinarea metodei de electroflotocoagulare și adsorbție. Odată cu mărirea concentrației compușilor organici, este necesară combinarea metodelor de electroflotocoagulare și oxidare.

**Cuvinte-cheie:** *electroflotare, coagulare, electroflotocoagulare, oxidare catalitică, agent de emoliere, polialcool, colorant activ.*

### REMOVING ACTIVE ORANGE DYE AND 2, 2-DI-HYDROXYMETHYL PROPIONIC ACID USING CONCENTRATION METHODS IN THE FIRST STAGE FOLLOWED BY OXIDATION AND ADSORPTION

It has been studied the process of diminishing the concentration of emollient 2,2-dihydroxymethyl propionic acid (DMPA) in the presence of the active orange textile dye (AP).

It has been found that the effect of removing the organic components of the dye and thickeners mixture is increased by applying the electrofloating or electrofloatocoagulation method and the removal effect decreases when is applied the coagulation method.

Also, it was found that the simulated systems which are low concentrations of dye AP (100,0 mg/L) and the concentrations of the thickener are up 20,0 to 80,0 mg/L) shall be treated by the combination of the electrofloatocoagulation and adsorption methods. If it is increasing the concentration of organic compounds, they are purified by a combination of electrofloatocoagulation and oxidation methods.

**Keywords:** *electrofloatation, coagulation or electrofloatocoagulation, catalytic oxidation, adsorption, thickener, polyalcohol, textile dyes.*

### Introducere

Emolienții sunt substanțe auxiliare textile, utilizate pentru a se conferi țesăturii un aspect mai plăcut, pentru a facilita alunecarea fibrelor sau firelor. Anume ei permit produselor textile să-și mențină moliciunea și împiedică dezvoltarea sarcinilor electrostatice în timpul purtării. Pot fi folosiți drept auxiliari pentru corectarea influențelor negative ale reticularii sau ale altor procese de finisare.

Unul dintre emolienții utilizați în industria textilă este acidul 2,2-dihidroximetil propionic (DMPA). În procesul de colorare a țesăturilor acești compuși, împreună cu coloranții, rămân în apele reziduale textile [1].

Metodele tradiționale, ca, de exemplu, filtrarea, flocularea, coagularea, oxidarea catalitică, adsorbția pe cărbune activ, tratamentul chimic utilizând ozonul, apa oxigenată și iradierea cu radiație ultravioletă transformă o mare parte din poluanții din apele uzate în deșeuri secundare, cu toxicitate medie sau ridicată [2-6].

Metodele de oxidare avansată, care duc la degradarea compușilor organici cu o structură complexă în compuși mai simpli sau la oxidarea lor până la dioxid de carbon și apă, pot fi aplicate pentru sistemele și apele reziduale mai diluate (concentrația compușilor organici fiind de 150-200 mgO/l după valoarea CCO-Cr) [2-5,7,8], iar cele mai concentrate, cum sunt apele reziduale textile, pot fi epurate numai după o concentrare a lor prin coagulare, flotare sau filtrare. În rezultatul acestor procese are loc decolorarea apelor reziduale cu 90,0-95,0%, iar concentrația compușilor organici, după valoarea CCO-Cr, se micșorează cu 50,0-65,0% [1,7].

Următoarele etape ce se aplică în funcție de concentrația remanentă a compușilor organici după prima etapă de tratare sunt sau oxidarea catalitică cu peroxidul de hidrogen, sau adsorbția pe cărbunii activi.

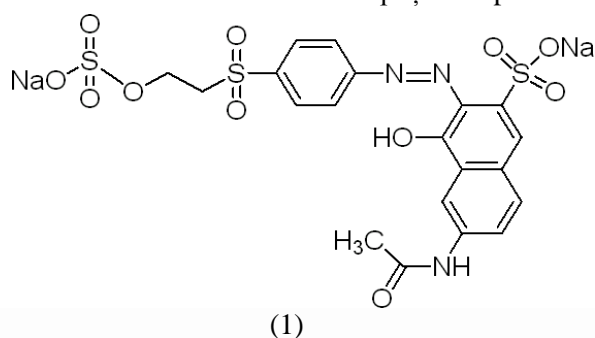
Metoda de coagulare și electrocoagulare se aplică cu succes pentru înlăturarea coloranților. Pot fi înlăturate până la 65,0-70,0% de compuși organici – coloranți și substanțe auxiliare textile și până la 97,0% de particule suspendate și insolubile [4-6]. Însă, în apele reziduale textile sunt prezenți și emolienții care duc la modificarea particulelor asociate de coloranți; astfel, înlăturarea lor împreună cu coloranții prin aplicarea metodelor de concentrare sau oxidare devine mai dificilă și prezintă atât interes teoretic, cât și practic.

Cu acest scop a fost studiat procesul diminuării concentrației compușilor organici din soluțiile-model ce conțin colorantul portocaliu activ (PA) și emolient (acidul 2,2-dihidroximetil propionic – DMPA) prin combinarea metodelor de concentrare (electroflotare, coagulare sau electroflotocoagulare), oxidare catalitică cu peroxidul de hidrogen în prezența ionilor de fier (II), urmată de adsorbția pe cărbune activ. Procesul de înlăturare a fost studiat în funcție de concentrația colorantului, emolientului, ionilor de aluminiu, timpul de electroflotare și timpul de reacție la oxidarea catalitică, precum și adsorbția lor, ulterioară, pe cărbune activ.

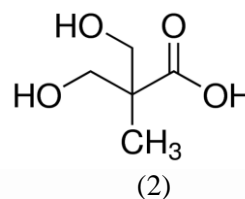
### Material și metode

Cercetările au fost efectuate pe sisteme--model cu concentrația colorantului de 100,0-200,0 mg/L, deoarece intervalul concentrațiilor remanente în apele reziduale poate ajunge până la 200,0- 250,0 mg/L.

Au fost studiate soluțiile-model care conțineau colorantul portocaliu activ (PA) și agent de emolierie. Structurile chimice ale acestor compuși sunt prezentate mai jos.



(1)  
Colorant Portocaliu activ 16 (PA) (1)



(2)  
Agent de emolierie, acid 2,2- dihidroximetil propionic (DMPA) M=134,1g/mol (2)

Concentrația remanentă a compușilor organici din sistemul PA-DMPA a fost determinată după valoarea CCO-Cr, conform metodei descrise în [9].

Pentru realizarea **procesului de electroflotare** au fost modelate soluții cu volumul de 500,0 mL. Fiecare soluție conține colorant activ cu concentrația 100,0-200,0 mg/L și emolient cu concentrația de la 20,0-80,0 mg/L. Procesul de electroflotare a fost realizat în celula cu electrozi insolubili (celula de electroflotare cu anodul de carbon, catodul din plasă de fier inoxidabil) la trecerea curentului electric cu intensitatea de 0,4-0,6 A. În timpul procesului are loc concentrarea particulelor cu ajutorul gazelor electrolitice, sub formă de spumă, la suprafața lichidului. După înlăturarea spumei, soluțiile se filtrează, iar filtrantul se supune, ulterior, altor procese fizico-chimice. Se determină concentrația sumară a substanțelor organice remanente, după valoarea CCO-Cr.

Pregătirea soluțiilor pentru **procesul de coagulare** este similar procesului de electroflotare, însă pentru o coagulare eficientă este necesară o doză optimă de sulfat de aluminiu de 0,1M și ajustarea pH-ului. După ajustarea valorii pH, probele se sedimentează timp de o oră, apoi se filtrează. Se determină concentrația sumară a substanțelor organice remanente, după valoarea CCO-Cr.

Procesul de **electroflotocoagulare** este combinarea procesului de electroflotare cu cel de coagulare.

**Oxidarea catalitică** cu reagentul Fenton, în studiul dat, este folosită ca metodă intermediară, cu scopul de a mărunți particulele de colorant și emolient, care n-au fost înlăturate prin metodele de concentrare. Filtratul se oxidează catalitic cu peroxid de hidrogen cu  $[H_2O_2]=3 \times 10^{-3} M$  în prezența ionilor de fier (II),  $[Fe^{2+}]=3 \times 10^{-4} M$ , la valoarea pH-ului de 2,0-2,5 într-un interval de timp de 10-60 min. La fel, se determină concentrația sumară a substanțelor organice remanente, după valoarea CCO-Cr.

**Procesul de adsorbție** pe cărbune activ finalizează ciclul de metode. Compușii organici remanenti rezultați din procesul de electroflotare, coagulare, electroflotocoagulare sau oxidare se adsorb pe suprafața cărbu-

nelui de tip BAU-1. Un volum de 100,0 mL de soluție se amestecă cu 5,0 g de cărbune. După o oră, soluțiile se filtrează și se determină concentrația remanentă a compușilor organici prin metoda CCO-Cr.

În baza rezultatelor obținute după determinarea CCO-Cr se calculează efectul de înlăturare (E.înlăt.,%) conform relației:

$$E.\text{înlăt.},(\%) = (\text{CCO-Cr}_0 - \text{CCO-Cr}_{\text{rem.}} / \text{CCO-Cr}_0) \times 100\%$$

### Rezultate și discuții

A fost studiată epurarea sistemelor model PA-DMPA prin combinarea metodelor de concentrare (electroflotare, coagulare sau electroflotocoagulare) cu adsorbția pe cărbune activ sau combinarea metodei de oxidare catalitică și de adsorbție pe cărbune activ.

În rezultatul cercetărilor științifice, s-a constatat că efectul diminuării concentrației compușilor organici din soluțiile studiate depinde de timpul de electroflotare, de concentrația emolientului și a colorantului (Tab.1). Compușii organici remanenti, după procesul de electroflotare, practic nu se adsorb de către cărbunii activi, iar concentrația lor remanentă este cu mult mai mare decât cea admisibilă și soluțiile date nu se epurează.

**Tabelul 1**

**Electroflotarea sistemului PA–DMPA în funcție de timp; [PA]<sub>0</sub>=200,0 mg/L și [DMPA]<sub>0</sub>=60,0 mg/L, I=0,4 A, t<sub>cam.</sub>=25°C, CCO-Cr<sub>0</sub>=175,0 mgO/L**

t.electrof., min	Electroflotare		Adsorbție pe cărbune activ	
	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %
5	30,0	82,9	34,4	80,4
10	27,5	84,9	31,9	81,8
15	27,5	84,9	33,1	81,1
20	30,0	82,9	34,4	80,4

Pentru sistemul PA–DMPA s-a stabilit că timpul optim de electroflotare este de 10 min, efectul de înlăturare fiind de 84,9%.

După ce a fost determinat timpul optim, a fost realizată electroflotarea sistemului în funcție de concentrația emolientului și a colorantului activ (Tab.2). Conform valorilor CCO-Cr, se observă că rata de înlăturare depinde de valorile concentrației agentului de emolierie și depinde nesemnificativ de concentrația colorantului.

**Tabelul 2**

**Diminuarea concentrației sistemului PA – DMPA la electroflotarea, urmată de adsorbția pe cărbune activ; I=0,4 A, t.electrof.=10 min, t<sub>cam.</sub>=25°C**

[DMPA] <sub>0</sub> , mg/l	CCO-Cr <sub>0</sub> mgO/l	Electroflotare		Adsorbție pe cărbune activ	
		CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/l	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/l	E.înlăt., %
<b>[PA]<sub>0</sub>= 100,0 mg/L</b>					
20,0	70,0	18,8	73,2	21,9	68,8
40,0	80,0	20,6	74,2	25,0	68,8
60,0	100,0	22,5	77,5	26,3	73,8
80,0	120,0	25,0	79,2	28,8	76,0
<b>[PA]<sub>0</sub>= 200,0 mg/L</b>					
20,0	150,0	36,3	75,8	37,5	75,0
40,0	165,0	37,5	77,3	37,5	77,3
60,0	175,0	38,8	77,9	38,1	78,2
80,0	200,0	40,6	79,7	38,1	80,9

S-a constatat că efectul de înlăturare crește proporțional cu creșterea concentrației emolientului din sistemul PA-DMPA, când colorantul are valoarea 100,0 mg/L. Cu mărirea în continuare a concentrației colorantului, efectul, practic, nu se schimbă după procesul de electroflotare, însă crește cu 4,0-10,0% după procesul de adsorbție. Aceasta se explică prin faptul că emolientului se unește cu colorantul prin partea hidrofobă, iar partea hidrofilă a lui este îndreptată spre apă. Despre proprietățile și dimensiunile diferite ale particulelor asociate de colorant și emolient, care sunt determinate în mare măsură de raportul concentrațiilor acestora, indică și mărimea efectului de adsorbție al acestor particule de către cărbunii activi (Fig.1).

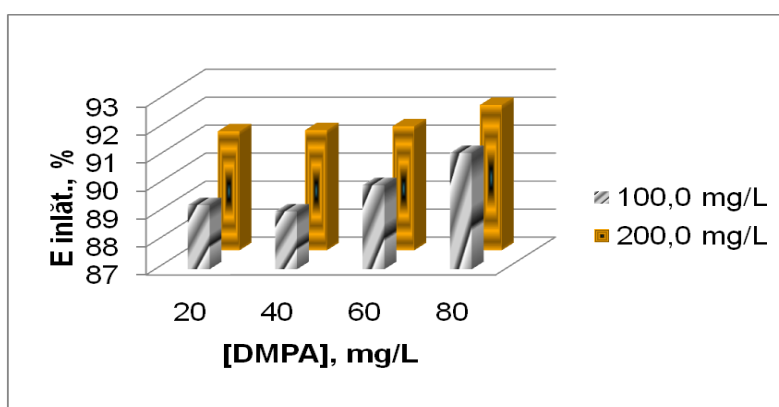


Fig.1. Dependenta efectului de înlăturare la electroflotare în funcție de concentrația inițială a emolientului și a colorantului;  $I=0,4$  A,  $t_{\text{electrof.}}=10$  min,  $t_{\text{cam.}}=25^{\circ}\text{C}$

Pentru mărirea efectului de adsorbție a compușilor remanenți, procesul de electroflotare a fost urmat de oxidare cu reagentul Fenton. S-a efectuat oxidarea ulterioară a acestor soluții cu reagentul Fenton. În rezultatul oxidării gradul de mineralizare al componentilor s-a mărit și, ca rezultat, s-a mărit efectul de adsorbție pe cărbune activ al compușilor degradați până la 97,5-97,9% față de 84,6%; astfel, constatăm că soluțiile se epurează până la CMA (Fig.2).

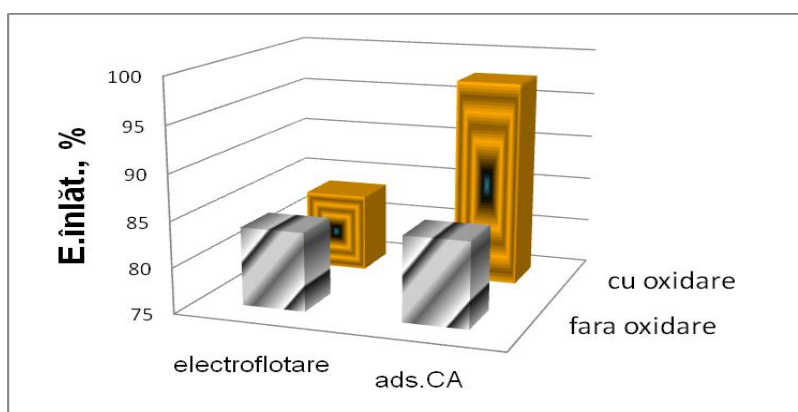
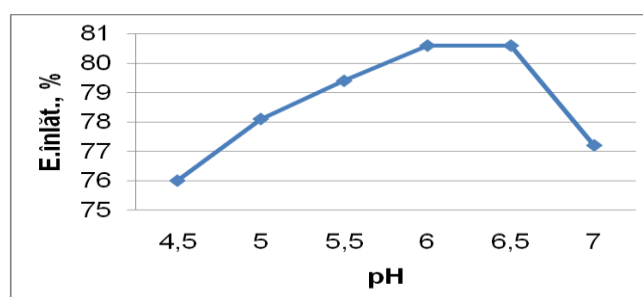


Fig.2. Influența procesului de oxidare, după electroflotare, asupra ratei de adsorbție;  $[\text{PA}]_0=200,0$  mg/L și  $[\text{DMPA}]_0=60,0$ ,  $I=0,4$  A,  $t_{\text{electrof.}}=10$  min,  $t_{\text{cam.}}=25^{\circ}\text{C}$

Prin urmare, soluțiile care conțin amestec de colorant PA și emolient DMPA pot fi epurate prin combinarea metodelor de electroflotare, oxidare catalitică cu reagentul Fenton și adsorbție pe cărbune activ.

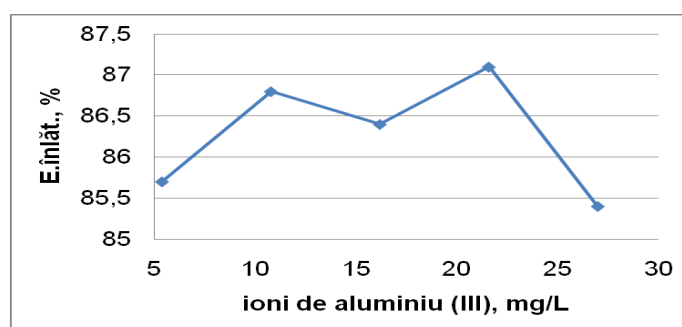
În continuare a fost studiat procesul diminuării concentrației amestecului de colorant și emolient din soluțiile model, care conțin colorant activ PA și acid 2,2-dioxidimetil propionic la tratarea lor cu coagulantul de aluminiu în funcție de valoarea pH-ului, concentrația ionilor de aluminiu, concentrația emolientului și a colorantului.

Eficiența procesului de coagulare depinde de valoarea pH-ului (Fig.3) și de cantitatea de coagulant într-un volum de soluție (Fig.4).



**Fig.3.** Determinarea pH-ului optim de coagulare pentru sistemul PA-DMPA;  
 $[PA]_0=200,0$  mg/L și  $[DMPA]_0=60,0$ ,  $[Al^{3+}]_0=21,6$  mg/L,  $t_{cam.}=25^\circ C$

Din Figura 3 rezultă că valoarea optimă a pH-ului de coagulare, pentru sistemul ce conține colorant și emolient, este de 6,0-6,5. La valori mai mari de pH, în mediul neutru, scade eficiența de înlăturare.



**Fig.4.** Determinarea cantității optime de coagulant pentru sistemul PA-DMPA;  
 $[PA]_0=200,0$  mg/L și  $[DMPA]_0=60,0$ , pH=6,0-6,5,  $t_{cam.}=25^\circ C$

Din rezultate prezentate în Figura 4 rezultă că efectul de înlăturare a compușilor organici cu ajutorul coagulantului de aluminiu depinde de concentrația ionilor de aluminiu și trece prin maximum la concentrația ionilor  $[Al^{3+}]$  de 21,6 mg/L pentru amestecul de colorant PA și emolient. Aceasta se explică prin faptul că, pe de o parte, particulele asociate de colorant activ PA sunt modificate de emolient și au dimensiuni mai mici, iar, pe de altă parte, ele își pierd parțial sarcina electrică, fiindcă emolientul disociază puțin și ele se coagulează mai greu. Acest proces depinde și de concentrația colorantului și a emolientului, fiindcă ultimul se alipește de particulele de colorant cu partea hidrofobă, care depinde de structura ei, și cu partea hidrofilă, care este îndreptată spre apă și duce la o alipire diferită a particulelor coloidale ale hidroxidului de aluminiu.

**Tabelul 3**

**Diminuarea concentrației sistemului PA– DMPA prin coagulare, urmată de adsorbția pe cărbune activ; pH=6,0-6,5,  $[Al^{3+}]_0=10,8$  mg/L,  $t_{cam.}=25^\circ C$**

$[DMPA]_0$ , mg/L	CCO-Cr <sub>0</sub> , mgO/L	Coagulare		Adsorbție pe cărbune activ	
		CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %
<b><math>[PA]_0=100,0</math> mg/L</b>					
20,0	70,0	6,3	91,0	3,4	94,6
40,0	80,0	7,5	90,6	6,3	92,2
60,0	100,0	9,4	90,6	7,5	92,5
80,0	120,0	10,6	91,2	8,8	92,7
<b><math>[PA]_0=200,0</math> mg/L</b>					
20,0	150,0	16,3	89,2	6,9	95,4
40,0	165,0	20,0	87,9	17,5	89,4
60,0	175,0	21,9	87,5	31,3	82,2
80,0	200,0	23,1	88,4	33,8	83,11

Din datele prezentate în Tabelul 3 rezultă că efectul de înlăturare a amestecului de colorant PA și emolient se micșorează cu mărirea concentrației colorantului și se schimbă neesențial la schimbarea concentrației emolientului, deoarece se schimbă raportul dintre concentrațiile colorantului și emolientului și, ca rezultat, dimensiunile particulelor asociate se coagulează diferit.

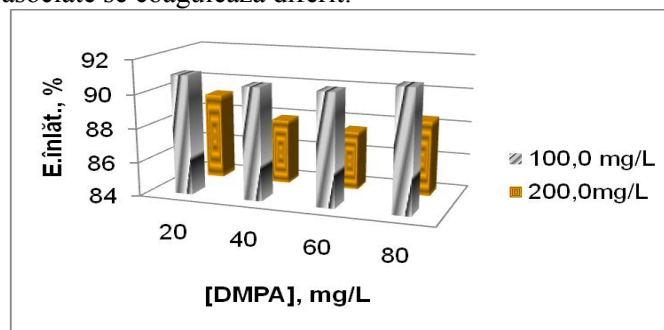


Fig.5. Dependența efectului de înlăturare la coagulare, în funcție de concentrația inițială a emolientului și a colorantului; pH=6,0-6,5,  $[Al^{3+}]_0=10,8$  mg/L,  $t_{cam.}=25^\circ C$

Datorită efectului mai mare de înlăturare a amestecului de colorant PA și emolient din soluțiile cu concentrația colorantului de 100,0 mg/L, concentrația compușilor remanenți este mai mică și ei sunt adsorbiți de către cărbunii activi, iar sistemele cu concentrația colorantului mai mare (200,0 mg/L) și a emolientului de 40,0-80,0 mg/L nu se pot epura prin combinarea metodelor de coagulare și adsorbție (Fig.5).

Pentru mărirea efectului de adsorbție al compușilor organici remanenți după procesul de coagulare s-a efectuat procesul de oxidare cu peroxid de hidrogen, catalizat de ionii de fier (II). În rezultatul cercetărilor s-a constatat că oxidarea colorantului PA și a emolientului duce la o micșorare a concentrației compușilor degradați și soluțiile se epurează până la concentrația maximă admisibilă (Tab.4).

Tabelul 4

**Influența procesului de oxidare, după coagulare, asupra ratei de adsorbție;**  
 $[PA]_0=200,0$  mg/L, pH=6,0-6,5,  $[Al^{3+}]_0=10,8$  mg/L,  $t_{cam.}=25^\circ C$

[DMPA] <sub>0</sub> , mg/L	CCO-Cr <sub>0</sub> , mgO/L	Coagulare		Oxidare după coagulare		Adsorbție pe cărbune activ	
		CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %
20,0	150,0	16,3	89,2	3,8	97,5	3,1	97,9
40,0	165,0	20,0	87,9	8,8	94,7	4,4	97,4
60,0	175,0	21,9	87,5	11,3	93,6	5,6	96,8
80,0	200,0	23,1	88,4	15,0	92,5	7,5	96,3

Prin urmare, s-a obținut că efectul de înlăturare a compușilor organici din soluțiile care conțin amestec de colorant activ PA și emolient pot fi epurate prin combinarea metodei de coagulare, oxidare catalitică și adsorbție pe cărbunii activi.

Amestecul de colorant activ PA și acid 2,2-dioxidimetil propionic poate fi înlăturat și la tratarea concomitentă cu coagulantul de aluminiu și electroflotarea complexilor formați în funcție de timpul electroflotării (Tab.5), de concentrația ionilor de aluminiu (Tab.6), de concentrația emolientului și a colorantului (Tab.7).

Tabelul 5

**Electroflotocoagularea sistemului PA-DMPA în funcție de timp;  $[PA]_0=200,0$  mg/L și  $[DMPA]_0=60,0$ , pH=6,0-6,5,  $[Al^{3+}]_0=5,4$  mg/L, I=0,4 A, CCO-Cr<sub>0</sub>=175,0 mgO/L,  $t_{cam.}=25^\circ C$**

t.electrof., min	Electroflotocoagulare		Adsorbție pe cărbune activ	
	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %
5	15,6	91,2	11,9	93,8
10	14,4	92,4	10,0	94,3
15	14,4	92,4	10,6	93,9

Din datele prezentate în Tabelul 5 rezultă că procesul de electroflotocoagulare a sistemului model PA-DMAP depinde neesențial de timpul de electroflotare, în limitele 5-15 minute. S-a stabilit că timpul optim de electroflotare este de 10 minute. De aceea, în continuare a fost studiat procesul de înlăturare a acestui amestec în funcție de concentrația ionilor de aluminiu (Tab.6) la acest timp.

Tabelul 6

**Electroflotocoagularea sistemului PA-DMPA în funcție de pH-ul de coagulare;  $[PA]_0=200,0$  mg/L,  $[DMPA]_0=60,0$ , pH=6,0-6,5, I=0,4 A, t.electrof.=10 min, CCO-Cr<sub>0</sub>=175,0 mgO/L, t.cam.=25°C**

$[Al^{3+}]_0$ , mg/L	Electroflotocoagulare		Adsorbție pe cărbune activ	
	CCOCr <sub>rem.</sub> ,mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> ,mgO/L	E.înlăt., %
5,4	14,4	92,4	10,0	94,3
8,1	13,8	92,1	10,0	94,3
10,8	11,9	93,2	9,4	94,6
16,1	13,1	92,5	10,0	94,3
<b>21,6</b>	13,8	92,1	10,6	93,9

Din datele prezentate în Tab.6, rezultă că efectul înlăturării amestecului de colorant activ PA și emolient depinde de concentrația ionilor de aluminiu, iar odată cu mărirea concentrației lor, efectul se mărește până la o valoare optimă de 93,2%, la concentrația ionilor de aluminiu de 10,8 mg/L, apoi din nou, se micșorează. Aceasta se explică prin faptul, că atunci când se îndeplinește condiția de egalitate a sarcinilor electrice, particulele se neutralizează maxim și se electroflorează mai complet, ceea ce duce și la o epurare mai bună a soluției. La o coagulare optimă, concentrația compușilor organici este mai mică și ei deja au o adsorbție mai mare, iar în rezultat se obține o concentrație remanentă a compușilor organici mai mică.

Efectul de înlăturare a amestecului de colorant și agent de emolierie depinde, atât de concentrația emolientului, cât și de concentrația colorantului textil (Tab.7), prin aplicarea metodei de electroflotocoagulare și adsorbție pe cărbune activ.

Tabelul 7

**Diminuarea concentrației sistemului PA– DMPA prin electroflotocoagulare, urmată de adsorbția pe cărbune activ;  $[Al^{3+}]_0=10,8$  mg/L, pH=6,0-6,5, I=0,4 A, t.electrof.=10 min., t.cam.=25°C**

$[DMPA]_0$ , mg/L	CCO-Cr <sub>0</sub> , mgO/L	Electroflocoagulare		Adsorbție pe cărbune activ	
		CCOCr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %
<b><math>[PA]_0= 100,0</math> mg/L</b>					
20,0	70,0	7,5	89,3	6,9	90,2
40,0	80,0	8,8	89,0	7,5	90,6
60,0	100,0	10,0	90,0	8,1	91,9
80,0	120,0	10,6	91,2	8,8	92,7
<b><math>[PA]_0= 200,0</math> mg/L</b>					
20,0	150,0	13,1	91,3	9,4	93,8
40,0	165,0	14,4	91,3	10,0	93,9
60,0	175,0	15,0	91,4	9,4	94,6
80,0	200,0	15,6	92,2	9,4	95,3

Din datele prezentate în Tabelul 7 rezultă că efectul înlăturării amestecului de colorant PA și emolient se mărește cu mărirea concentrației emolientului de la 20,0 până la 80,0 mg/L și a colorantului de la 100,0 până la 200,0 mg/L, iar concentrația remanentă a compușilor organici se micșorează prin combinarea metodei de electroflotocoagulare și adsorbție până la normele sanitare numai pentru soluțiile cu concentrația colorantului PA de 100,0 mg/L și a emolientului de 20,0-80,0 mg/L. Odată cu mărirea concentrației colorantului până la 200,0 mg/L se mărește și efectul de înlăturare față de sistemele cu concentrația colorantului de două ori mai mică, însă crește concentrația remanentă a compușilor organici, care se adsorb parțial pe cărbunii activi și soluțiile deja nu se mai epurează prin combinarea metodelor de electroflotocoagulare și adsorbție.

De aceea, în continuare a fost studiat procesul de înlăturare a compușilor organici din soluțiile model, care conțin amestec de colorant și emolient prin combinarea metodelor de electroflotocoagulare, oxidare catalitică cu reagentul Fenton și adsorbție pe cărbune activ (Tab.8).

Tabelul 8

**Influența procesului de oxidare, după coagulare, asupra ratei de adsorbție;**  
 $[PA]_0=200,0$  mg/L, pH=6,0-6,5,  $[Al^{3+}]_0=10,8$  mg/L, I=0,4 A, t.electrof.=10 min, t.cam.=25°C

[DMPA] <sub>0</sub> , mg/L	CCO-Cr <sub>0</sub> , mgO/L	Electroflotocoagulare		Oxidare după electroflotocoagulare		Adsorbție pe cărbune activ	
		CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %
20,0	150,0	13,1	91,3	6,3	95,8	1,9	98,8
40,0	165,0	14,4	91,3	7,5	95,5	2,5	98,5
60,0	175,0	15,0	91,4	8,8	95,0	3,9	97,9
80,0	200,0	15,6	92,2	8,8	95,6	3,1	98,4

Rezultatele prezentate în Tabelul 8 arată că procesul de oxidare a compușilor organici din soluțiile model (colorantul PA și emolientul DMPA) micșorează până la normele sanitare concentrația remanentă a poluanților. La fel, rezultă că efectul înlăturării amestecului de colorant PA și emolient prin aplicarea metodelor de electroflotocoagulare și oxidare catalitică depinde neesențial de concentrația emolientului.

Din cele menționate mai sus rezultă că concentrația componentelor organici se micșorează la prima etapă de tratare a soluțiilor, în rezultatul concentrării lor cu ajutorul gazelor electrolitice în procesul electroflotării, sau la coagularea lor cu coagulantul de aluminiu și sedimentarea sub formă de precipitat, sau la coagularea lor cu coagulantul de aluminiu și electroflotarea particulelor formate cu ajutorul gazelor electrolitice (procesul de electroflotocoagulare). La a doua etapă de epurare a soluțiilor, concentrația remanentă a compușilor organici se micșorează prin aplicarea metodei de adsorbție pe cărbunii activi (Tab.9).

Tabelul 9

**Diminuarea concentrației compușilor nebiodegradabili din sistemul PA-DMPA  
 prin aplicarea diferitelor metode de concentrare la prima etapă;**  
 $[PA]_0=200,0$  mg/L,  $[DMPA]_0=60,0$ , CCO-Cr<sub>0</sub>=175,0 mgO/L, t.cam.=25°C

Metode de concentrare la prima etapă	Adsorbție pe cărbune activ			
	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %
Electroflotare	38,8	77,9	38,1	78,2
Coagulare	22,5	87,1	22,5	87,3
Electroflotocoagulare	14,4	91,8	10,6	93,9

Din Tabelul 9 se observă că metodele de concentrare a compușilor organici din sistemele studiate au rezultate diferite. Gazele electrolitice sunt capabile să elimine doar 77,0-78,0%, după care urmează procesul de coagulare, unde cantitatea ionilor de aluminiu este de două ori mai mare decât cantitatea de coagulant utilizat la procesul de electroflotocoagulare. Astfel, se mărește efectul de înlăturare cu vreo 10,0% față de precedentul și, respectiv, scade concentrația compușilor remanenți din sistemele PA-DMPA. Procesul de adsorbție care este utilizat la a doua etapă de epurare duce la o epurare de 94,0%.

În Figura 6 observăm același principiu de epurare, deși concentrația colorantului este de 200,0 mg/L (Tab.9), însă concentrația agentului de emolierie crește de la 20,0 mg/L până la 80,0 mg/L. Astfel, se observă o stabilitate a proceselor de epurare care nu sunt influențate de concentrația emolientului.



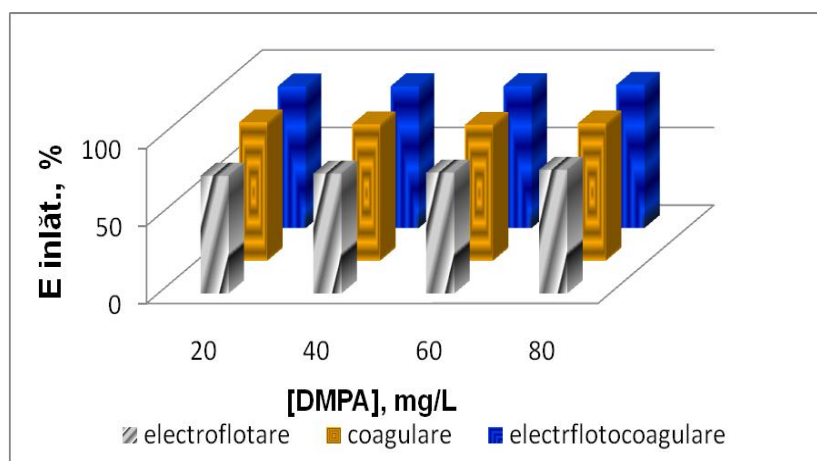


Fig.6. Dependența ratei de epurare a sistemului PA-DMPA în funcție de metodele de concentrare aplicate la prima etapă;  $[PA]_0=200,0$  mg/L,  $t_{cam.}=25^\circ C$

Reieșind din datele expuse mai sus, metodele de concentrare pot fi aranjate după gradul de eficacitate în următorul șir: electroflotare < coagulare < electroflotocoagulare, concluzionând că metoda de electroflotocoagulare este cea mai eficientă, iar odată aplicată pe sistemul ce urmează a fi epurat are o eficacitate de 92,0%.

Pentru epurarea soluțiilor până la normele admisibile (maxim 6,5 mgO/L), s-a efectuat combinarea metodelor de concentrare cu oxidarea catalitică, urmată de adsorbția pe cărbune activ (Tab.10).

Tabelul 10

**Diminuarea concentrației compușilor nebiodegradabili din sistemul PA-DMPA prin aplicarea diferitelor metode de concentrare la prima etapă;  $[PA]_0=200,0$  mg/L,  $[DMPA]_0=60,0$ ,  $CCO-Cr_0=175,0$  mgO/L,  $t_{cam.}=25^\circ C$**

Metode de concentrare la prima etapă			Oxidare Fenton		Adsorbție pe cărbune activ	
	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %	CCO-Cr <sub>rem.</sub> , mgO/L	E.înlăt., %
<b>Electroflotare</b>	28,8	83,6	22,5	87,1	4,4	97,5
<b>Coagulare</b>	15,0	91,4	8,8	95,0	3,8	97,9
<b>Electroflotocoagulare</b>	21,9	87,5	11,3	93,6	5,6	96,8

Dacă după procesele de concentrare (electroflotare, coagulare sau electroflotocoagulare) aplicate pe sistemele ce conțin colorant activ, PA și agent de emolier, DMPA se realizează procesul de oxidare catalitică cu peroxid de hidrogen catalizat de ionii de fier (II), atunci concentrația compușilor organici remanenți se micșorează, are loc procesul de oxidare/ mineralizare și ei degradează în componenți care au mase moleculare mult mai mici decât după prima etapă și sunt mai eficient adsorbiți de către cărbunii activi. În acest caz, soluțiile se epurează sau prin combinarea metodei de electroflotocoagulare (cu o economisire de coagulant de 20,0-25,0%) și oxidare sau prin combinarea metodelor de electroflotare sau coagulare, oxidare și adsorbție pe cărbunii activi.

### Concluzii

Sistemele PA-DMPA care au în compoziția lor concentrații mai mici de colorant activ PA (100,0 mg/L) se epurează prin combinarea metodelor de electroflotocoagulare și de adsorbție. Odată cu mărirea concentrației compușilor organici din soluție, 200,0 mg/L de colorant PA, nu mai sunt suficiente doar două etape. Epurarea sistemului are loc prin combinarea metodelor de electroflotocoagulare și oxidare catalitică, astfel încât eficiența este de 97,0-98,0%.

**Referințe:**

1. КИСЕЛЁВ, А.М. Экологические аспекты процессов отделки текстильных материалов. В: *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева)*, т. XLVI, 2002, №1, с.301-331.
2. TRIVEDI, KUNAL, N., BORICHA, ARVIND, B., BAJAJ, HARI, C., JASRA, RAKSH, V. Adsorption of remazol brilliant blue r dye from water by polyaluminum chloride. In: *Journal Chemistry*, vol.2, no2, 2009, p.379-385.
3. PHALAKORNKULE, C., POLGUMHANG, S., TONGDAUNG, W. *Performance of an Electrocoagulation Process in Treating Direct Dye: Batch and Continuous Up flow Processes*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 57, 2009, p.112-125.
4. HORREAKIS, F., AZIZI, A., YOOCAULI, A., BENHAMMOU, A., PONCE, A. Treatment of textile dye effluents using coagulation-flocculation coupled with membrane processes or adsorption on powdered activated carbon. In: *Desalination*, no235, 2009, p.330-339.
5. AHMAD, A.L., PUASA, S.W. Reactive dyes decolourization from an aqueous solution by combined coagulation/micellar – enhanced ultra filtration process. In: *Chemical Engineering Journal*, 2007, no132, p.257-265.
6. MOH FAIQUN NI'AM, FADIL OTHMAN, JOHAN SOHAILI and ZULFA FAUZIA. Removal of COD and turbidity to improve wastewater quality using electrocoagulation technique. In: *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 2007, vol.11, no1, p.198-205.
7. PERKOWSKI, J., KOS, L. Decolouration of Model Dye house Wastewater with Advanced Oxidation Processes. In: *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, July - September 2003, vol.11, no.3, p.42-49.
8. SUDARJANTO, G., KELLER-LEHMANN, B., KELLER, J. Photo-oxidation of a reactive azo-dye from the textile industry using UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> technology process optimization and kinetics. In: *Journal of Wastewater Environment Technology*, vol.3, no1, 2005, p.1-7.
9. ЛУРЬЕ, Л. *Унифицированные методы анализа вод*. Москва, 1968. 350 с.

Prezentat la 21.06.2017