



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00949**

(22) Data de depozit: **05/12/2016**

(41) Data publicării cererii:  
**29/06/2018** BOPI nr. **6/2018**

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL PENTRU FIZICA  
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI -  
INFLPR, STR. ATOMIȘTILOR NR. 409,  
MĂGURELE, IF, RO;  
• ICA RESEARCH & DEVELOPMENT  
S.R.L., SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.202,  
ET.4, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
ECOLOGIE INDUSTRIALĂ - ECOIND,  
DRUMUL PODU DÂMBOVIȚEI NR. 71-73,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• NEAMȚANU MONICA-ROXANA,  
BD. TINERETULUI NR. 45, BL. 54, SC. A,  
AP. 34, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• BRAȘOVEANU MARIANA-MIRELA,  
STR. CPT N. LICĂREȚ NR. 1, BL. 33B,  
SC. A, AP. 40, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• FLORE LILIANA, BD. AEROGĂRII NR.18,  
BL.3/2, AP.6, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• ANCA VERONICA, STR. ELIE CARAFOLI  
NR. 7, AP. 2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• ȘTEFĂNESCU MIHAI,  
BD.1 DECEMBRIE 1918 NR.68, BL.U 25,  
SC.1, ET.6, AP.60, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) **OBȚINERE ȘI UTILIZARE MATERIALE POLIMERICE  
CU ÎNSUȘIRI FLOCULANTE, PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA  
PARAMETRIILOR DE CALITATE AI APELOR DE SUPRAFAȚĂ  
ȘI REZIDUALE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un material polimeric și la un procedeu pentru obținerea acestuia, utilizat pentru tratarea apelor uzate. Materialul conform invenției este constituit, în procente masice, din 2,5...3,5% amidon, 25...35% acrilamidă, 7...8% clorură de sodiu, 0,1...0,2 ppm nanoparticule de argint și, în rest, apă distilată. Procedeu conform invenției constă în iradierea

simultană a monomerilor în câmp de electroni accelerați de energie medie de 5,5 MeV, la temperatura mediului ambiant, cu o doză de iradiere de 0,8...1,2 kGy și debit de doză de 0,6... 0,8 kGy/min.

Revendicări: 6  
Figuri: 2



## **Obținere și utilizare materiale polimerice cu însușiri floculante pentru îmbunătățirea parametrilor de calitate a apelor de suprafață și reziduale**

Invenția de față se referă la obținerea de materiale polimerice pe bază de amidon cu caracteristici funcționale de floculare, prin proces de grefare indus de interacția electronilor accelerați cu monomerii și utilizarea lor pentru îmbunătățirea parametrilor de calitate a apelor de suprafață și reziduale.

Tratarea apelor uzate industriale și municipale este una dintre provocările majore ale societății noastre în ceea ce privește menținerea resurselor esențiale disponibile și adecvate, cu asigurarea unui mediu sănătos. Considerentele actuale privind mediul înconjurător impun măsuri riguroase pentru protecția mediului și un progres durabil, care să minimizeze impactul deșeurilor asupra mediului înconjurător.

Floculanții sunt folosiți pentru procese de separare lichid-solid în tratarea apelor reziduale, acționând la nivel molecular pe suprafețele particulelor pentru a reduce forțele respingătoare și a crește forțele de atracție [1]. Deși floculanții polimerici sintetici sunt foarte eficienți chiar și în cantități foarte mici, principalele dezavantaje asociate cu utilizarea lor sunt legate de lipsa lor de biodegradabilitate, făcându-i astfel neprietenoși mediului [2], și de costurile mari de operare.

Modificarea polimerilor naturali în vederea utilizării în tratarea apelor reziduale reprezintă o soluție alternativă și durabilă ce contribuie pe de o parte la utilizarea eficientă a materiilor prime naturale regenerabile, iar pe de altă parte la protecția mediului înconjurător.

Grefarea este o modalitate eficientă de modificare și funcționalizare a proprietăților polimerilor, care pot fi "adaptate" în funcție de nevoi, producând copolimeri grefați de înaltă eficiență [2]. Combinarea chimică a unui polimer sintetic organic cu polimer natural conduce la materiale hibrid naturale organice cu proprietăți dezirabile provenite din ambele componente [3]. Astfel, un copolimer grefat combină cele mai bune proprietăți ale ambelor componente participante la formarea sa și are proprietăți unice în comparație cu componentele originale. Diferiți copolimeri ca alternativă promițătoare au mai fost sintetizați și testați, până în prezent, pentru aplicarea lor drept agenți de floculare pentru tratarea diferitelor ape reziduale. Modificarea polimerilor naturali precum amidon [4], amilopectină [5], celuloză [6], chitosan [7], alginat [8], psyllium [9], tamarind [10], inulină [11] a fost investigată ca alternativă atractivă în procesele de floculare.

Amidonul este un biopolimer cu utilizări diverse în prelucrarea produselor alimentare, farmaceutice și cosmetice, fabricarea hârtiei, industria textilă, etc. Grefarea diferiților monomeri pe amidon constituie un mod eficient de a îmbunătăți proprietățile acestuia, extinzând astfel gama sa de aplicații, beneficiind totodată și de natura sa biodegradabilă.

Acrilamida este unul dintre monomerii vinilici cei mai grefați pe substrat de amidon, iar copolimerii lor hidrosolubili dovedesc o bună capacitate de floclare. Totuși, un dezavantaj major al acrilamidei și homopolimerilor săi (poliacrilamida) este legat de degradarea biologică. Lipsa lor de biodegradabilitate poate fi însă diminuată prin grefarea lor pe amidon.

Mai mult decât atât, recent, nanoparticule de argint (*nAg*), care în concentrații mici sunt considerate netoxice și având acțiune antibacteriană [12], au început să fie încorporate în diferite matrici polimerice drept agent cu activitate antimicrobiană [13-15].

Dezavantajele metodelor clasice, precum costurile ridicate, complexitatea lor sau calitatea produselor, constituie motive pentru dezvoltarea de noi metode, tehnici, tehnologii care să răspundă cerințelor esențiale de protecție a mediului înconjurător și să ducă la diminuarea costurilor și a timpului de lucru. Ținând seama de acestea, grefarea indusă de radiații oferă beneficii în ceea ce privește proprietățile produsului, dar și condițiile de procesare, protejarea mediului și costurile. Iradierea cu electroni accelerați se dovedește un instrument practic și ecologic pentru sinteza materialelor avansate cu proprietăți unice. Grefarea indusă prin iradiere se produce rapid, în absența unui inițiator sau a altor catalizatori chimici și conduce la nivele scăzute de produși secundari [16]. Procesarea cu electroni accelerați determină costuri de exploatare care implică costuri variabile de operare și doză de iradiere aplicată, care depind de puterea fasciculului, randamentul utilizării sale și factorul de conversie a puterii fasciculului din puterea de consum a instalației [17].

Scopul invenției constă în obținerea de materiale polimerice pe bază de amidon cu caracteristici funcționale de floclare, destinate utilizării lor pentru îmbunătățirea parametrilor de calitate a apelor de suprafață și reziduale, prin aplicarea unei metode moderne, eficiente, rapide, economice, în același timp și ecologice de grefare în câmp de electroni accelerați.

Sinteza copolimerilor grefați, conform invenției, se realizează în două etape:

- (1) prepararea soluției care conține amidon și monomer,
- (2) iradierea soluției în fascicul de electroni accelerați.

În prima etapă, se prepară soluția apoasă de amidon prin dizolvarea amidonului nativ (nemodificat) în apă distilată cu agitare magnetică în mod continuu pe o baie de apă la 75 – 80°C, timp de 30 min, după care amestecul obținut se răcește la temperatura camerei (23 – 25°C). Se adaugă clorură de sodiu și acrilamidă în soluția de amidon, cu agitare suplimentară, astfel încât să rezulte soluție apoasă omogenă de amidon și acrilamidă în raport de masă amidon:acrilamidă = 1:10 (**Schema 1**). Pentru îmbogățire cu argint se adaugă și soluție coloidală cu nanoparticule de argint (*nAg*).

Apoi soluția preparată în *etapa 1* este expusă la iradiere în fascicul de electroni accelerați de energie medie de 5,5 MeV. Iradierea se efectuează la temperatura și presiunea mediului ambiant, cu doză de iradiere în domeniul (0,8 – 1,2 kGy) și debitul de doză în domeniul (0,6 – 0,8 kGy/min).

Amestecul iradiat se menține la temperatura camerei timp de 2 ore după iradiere.

Copolimerii astfel sintetizați, conform invenției, îndeplinesc următoarele criterii de satisfacere simultană:

1. coeficient de conversie monomer:  $CC > 90\% \Rightarrow$  eficiență economică,
2. concentrație monomer rezidual:  $M_r < 5\% \Rightarrow$  toxicitate scăzută,
3. vâscozitate intrinsecă:  $[\eta] > 6 \text{ dL/g} \Rightarrow$  eficiență copolimer în procesul de floculare.

Copolimerii sintetizați, conform invenției, sunt destinați utilizării la tratarea apelor de suprafață destinate consumului uman, precum și apelor uzate industriale, în cadrul proceselor de coagulare – floculare – decantare/flotație având drept scop:

- ✓ îndepărtarea avansată a materiilor în suspensie, a coloizilor din apă
- ✓ îndepărtarea parțială a încărcării organice (exprimată prin CCOMn, CCOCr, CBO<sub>5</sub>)
- ✓ reducerea încărcăturii microbiene

Ordinea operațiilor în cadrul procesului de epurare cu copolimeri grefați, conform invenției, a apelor uzate (**Schema 2**) este:

- caracterizarea fizico-chimică și biologică a apei necesar a fi tratată/epurată,
- stabilirea rețetei, în funcție de încărcarea apelor uzate, prin analize de laborator prin coagulare-floculare-decantare/flotație, utilizând metoda "Jar test",
- adăugarea soluției de coagulant (de exemplu CaCO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>),
- omogenizarea amestecului apă uzată-coagulant,
- adăugarea soluției de copolimer grefat (floculant),

- omogenizarea amestecului apă uzată–soluție de copolimer,
- definitivarea procesului de coagulare-floculare, care constă într-o perioadă de repaus în care coagularea-flocularea se definitivează prin depunerea flocoanelor sub formă de sediment,
- faza lichidă separată se evacuează în emisar/canalizare, în funcție de încărcare.

Este obligatorie agitarea după adăugarea fiecărui component al tratamentului (coagulant, floculant), iar la sfârșit o perioadă de repaus, pentru definitivarea fazei de coagulare-floculare.

### ***EXEMPLUL 1: Sinteza copolimer grefat***

#### **❖ *Materiale necesare***

Amidon porumb (umiditate 12%) [g]	1,65
Acrilamidă (98+%) [g]	14,80
Clorură de sodiu [g]	3,20
Apă distilată [g]	23,60

#### **❖ *Parametri de iradiere***

Doza de iradiere [kGy]	1
Debitul de doză [kGy/min]	0,7

#### **❖ *Caracteristici copolimer***

Coefficient de conversie a monomerului, $CC$ [%]	98,0
Concentrație monomer rezidual, $M_r$ [%]	0,7
Substanță activă, $SA$ [%]	32,3
Viscozitate intrinsecă, $[\eta]$ [dL/g]	6,5
Constanta Huggins, $k_H$	0,3

**EXEMPLUL 2: Sinteza copolimer grefat**❖ *Materiale necesare*

Amidon porumb (umiditate 12%) [g]	1,65
Acrilamidă (98+%) [g]	14,80
Clorură de sodiu [g]	3,20
Apă distilată [g]	23,60

❖ *Parametri de iradiere*

Doza de iradiere [kGy]	1,2
Debitul de doză [kGy/min]	0,8

❖ *Caracteristici copolimer*

Coeficient de conversie a monomerului, $CC$ [%]	96,0
Concentrație monomer rezidual, $M_r$ [%]	1,3
Substanță activă, $SA$ [%]	31,7
Viscozitate intrinsecă, $[\eta]$ [dL/g]	6,4
Constanta Huggins, $k_H$	0,7

**EXEMPLUL 3: Sinteza copolimer grefat îmbogățit cu nanoparticule de argint**❖ *Materiale necesare*

Amidon porumb (umiditate 12%) [g]	1,65
Acrilamidă (98+%) [g]	14,80
Clorură de sodiu [g]	3,20
Apă distilată [g]	23,10
Soluție $nAg$ (15 ppm) [mL]	0,50

❖ *Parametri de iradiere*

Doza de iradiere [kGy]	0,9
Debitul de doză [kGy/min]	0,6

❖ *Caracteristici copolimer*

Coeficient de conversie a monomerului, $CC$ [%]	96,5
Concentrație monomer rezidual, $M_r$ [%]	1,2
Substanță activă, $SA$ [%]	31,6
Vîscozitate intrinsecă, $[\eta]$ [dL/g]	9,0
Constanta Huggins, $k_H$	0,2

**EXEMPLUL 4: Sinteză copolimer grefat îmbogățit cu nanoparticule de argint**❖ *Materiale necesare*

Amidon porumb (umiditate 12%) [g]	1,65
Acrilamidă (98+%) [g]	14,80
Clorură de sodiu [g]	3,20
Apă distilată [g]	23,10
Soluție $nAg$ (15 ppm) [mL]	0,50

❖ *Parametri de iradiere*

Doza de iradiere [kGy]	1,2
Debitul de doză [kGy/min]	0,7

❖ *Caracteristici copolimer*

Coeficient de conversie a monomerului, $CC$ [%]	95,1
Concentrație monomer rezidual, $M_r$ [%]	1,6
Substanță activă, $SA$ [%]	31,0
Vîscozitate intrinsecă, $[\eta]$ [dL/g]	7,4
Constanta Huggins, $k_H$	0,5

**EXEMPLUL 5: Aplicare copolimer grefat la tratarea apei din sursă de suprafață (pârâu)**❖ *Caracteristici fizico-chimice și microbiologice principale apă brută*

pH	8
Materii în suspensie-MTS [mg/L]	202
Încărcare organică CCOCr [mg O <sub>2</sub> /L]	54
Bacterii coliforme totale [UFC/100mL]	2,8x10 <sup>5</sup>
Enterococi intestinali [UFC/100mL]	6,0x10 <sup>1</sup>
<i>Escherichia coli</i> [UFC/100mL]	4,0x10 <sup>2</sup>
<i>Pseudomonas</i> [UFC/100mL]	5,0x10 <sup>1</sup>

❖ *Parametri de lucru*

Doză floclant (substanță activă 0,2%) [mL/L]	4
Timpe decantare după faza de floclare [min]	20

❖ *Rezultate obținute*

pH	8
Randament îndepărtare materii în suspensie [%]	84 – 94
Randament îndepărtare încărcare organică [%]	24
Randament îndepărtare bacterii coliforme totale [%]	90
Randament îndepărtare enterococi intestinali [%]	67
Randament îndepărtare <i>Escherichia coli</i> [%]	50
Randament îndepărtare <i>Pseudomonas</i> [%]	96



**EXEMPLUL 6: Aplicare copolimer grefat la tratarea apei potabile din sursă de suprafață**❖ *Caracteristici fizico-chimice și microbiologice principale apă brută*

pH	7 – 8
Turbiditate [UNT]	45
Încărcare organică CCOMn [mg O <sub>2</sub> /L]	7
Bacterii coliforme totale [UFC/cm <sup>3</sup> ]	1600
Bacterii coliforme fecale [UFC/cm <sup>3</sup> ]	600
<i>Escherichia coli</i> [UFC/cm <sup>3</sup> ]	200

❖ *Parametri de lucru*

Doză coagulant Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> [mg Al/L]	5
Timp retenție hidraulică faza de coagulare [min]	10 – 20
Doză flocculant (substanță activă 0,2%) [mL/L]	2 – 5
Timp retenție hidraulică faza de flocculare [min]	5 – 15
Debit în decantorul lamelar [L/h]	77 – 115

❖ *Rezultate obținute*

pH	7 – 8
Randament îndepărtare materii în suspensie [%]	90 – 92
Randament îndepărtare încărcare organică [%]	44
Aluminiu rezidual în apa tratată [mg/L]	< 0,2
Acrilamidă reziduală în apa tratată [μg/L]	< 0,025
Randament îndepărtare bacterii coliforme totale [%]	97
Randament îndepărtare bacterii coliforme fecale [%]	95
Randament îndepărtare <i>Escherichia coli</i> [%]	96

**EXEMPLUL 7: Aplicare copolimer grefat la epurarea apei uzate provenite de la fabrică de produse lactate**

❖ *Caracteristici fizico-chimice și microbiologice principale apă brută*

pH	6,5 – 6,8
Materii în suspensie [mg/L]	160 – 250
Turbiditate [UNT]	260 – 400
Încărcare organică [mg O <sub>2</sub> /L]	
CCO <sub>Cr</sub>	1430 – 1460
CBO <sub>5</sub>	990
Raport Symons (CBO <sub>5</sub> /CCO <sub>Cr</sub> )	0,7
Substanțe extractibile [mg/L]	30 – 40

❖ *Parametri de lucru*

Doză coagulant <i>FeCl</i> <sub>3</sub> [mg <i>Fe</i> /L]	50
Doză NaOH 10% [mL/L apă uzată] (corectare pH)	
pentru evacuare în rețeaua de canalizare	1,8
pentru evacuare în emisar natural	2,5
Timp coagulare [min]	15
Doză floculant (substanță activă 0,2%) [mL/L]	2
Timp floculare [min]	5
Varianta <b>C-F-D</b> (coagulare - floculare – decantare)	
Timp decantare [min]	60
Varianta <b>C-F-F</b> (coagulare-floculare-flotație)	
Raport volumetric (efluent treapta de coagulare -floculare): (apă saturată cu aer dizolvat)	6:1
Timp flotație cu aer dizolvat [min]	4

❖ *Rezultate obținute*

pH	pentru evacuare în rețeaua de canalizare	7
	pentru evacuare în emisar natural	8 – 8,5
Randament îndepărtare materii în suspensie [%]		
	varianta <b>C-F-D</b>	83 – 86
	varianta <b>C-F-F</b>	82 – 86
Randament îndepărtare încărcare organică [%]		
CCO <sub>Cr</sub>	varianta <b>C-F-D</b>	20 – 25
	varianta <b>C-F-F</b>	30 – 40
CBO <sub>5</sub>	varianta <b>C-F-D</b>	50
	varianta <b>C-F-F</b>	50 – 60
Raport Symons (CBO <sub>5</sub> /CCO <sub>Cr</sub> )		0,4 – 0,5
Randament îndepărtare substanțe extractibile [mg/L]		> 50%

❖ *Observații*

- flocculantul la aceasta concentrație de lucru nu este toxic pentru mediul acvatic (mortalitate 0% după 96 ore pentru specia *Cyprinus carpio*)
- flocculantul nu are efect inhibitor asupra ratei de respirație a nămolului activ decât la concentrații de 10 ori mai mari în comparație cu cele utilizate uzual la tratarea apelor => nu împiedică procesele de epurare biologică cu nămol activ (din faza următoare de epurare a apelor din industria de produse lactate).

**EXEMPLUL 8: Aplicare copolimer grefat la epurarea apei uzate provenite de la fabrică de ulei**

❖ *Caracteristici fizico-chimice și microbiologice principale apă brută*

pH	6,9
Materii în suspensie [mg/L]	2166
Încărcare organică CCOCr [mg O <sub>2</sub> /L]	11100
Substanțe extractibile [mg/L]	3316
Fosfor total [mg/L]	128

❖ *Parametri de lucru*

Doză coagulant $FeCl_3$ soluție 5% [mg/L]	800
Doză coagulant $CaCO_3$ soluție 5% [mg/L]	800
Timp coagulare [min]	5
Doză floculant (substanță activă 0,2%) [mL/L]	2 – 4
Timp decantare [min]	20

❖ *Rezultate obținute*

pH	7,0
Randament îndepărtare materii în suspensie [%]	98,4
Randament îndepărtare încărcare organică [%]	93,9
Randament îndepărtare substanțe extractibile [%]	98,4
Randament îndepărtare fosfor total [%]	94,5

**EXEMPLUL 9: Aplicare copolimer grefat la epurarea apei uzate provenite de la fabrică de preparate din carne**

❖ *Caracteristici fizico-chimice și microbiologice principale apă brută*

pH	8,2
Materii în suspensie [mg/L]	172
Încărcare organică [mg O <sub>2</sub> /L]	
CCOCr	310
CBO <sub>5</sub>	120
Substanțe extractibile [mg/L]	40
Fosfor total [mg/L]	23,8

❖ *Parametri de lucru*

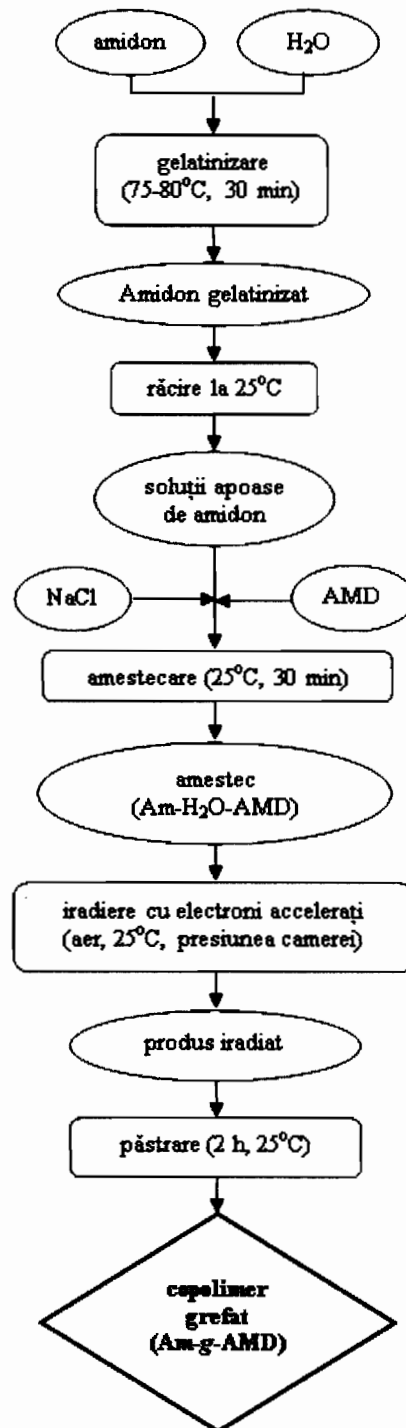
Doză coagulant Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> soluție 5% [mg/L]	600
Doză coagulant CaCO <sub>3</sub> soluție 5% [mg/L]	600
Timp coagulare [min]	5
Doză flocculant (substanță activă 0,2%) [mL/L]	3
Timp decantare [min]	20

❖ *Rezultate obținute*

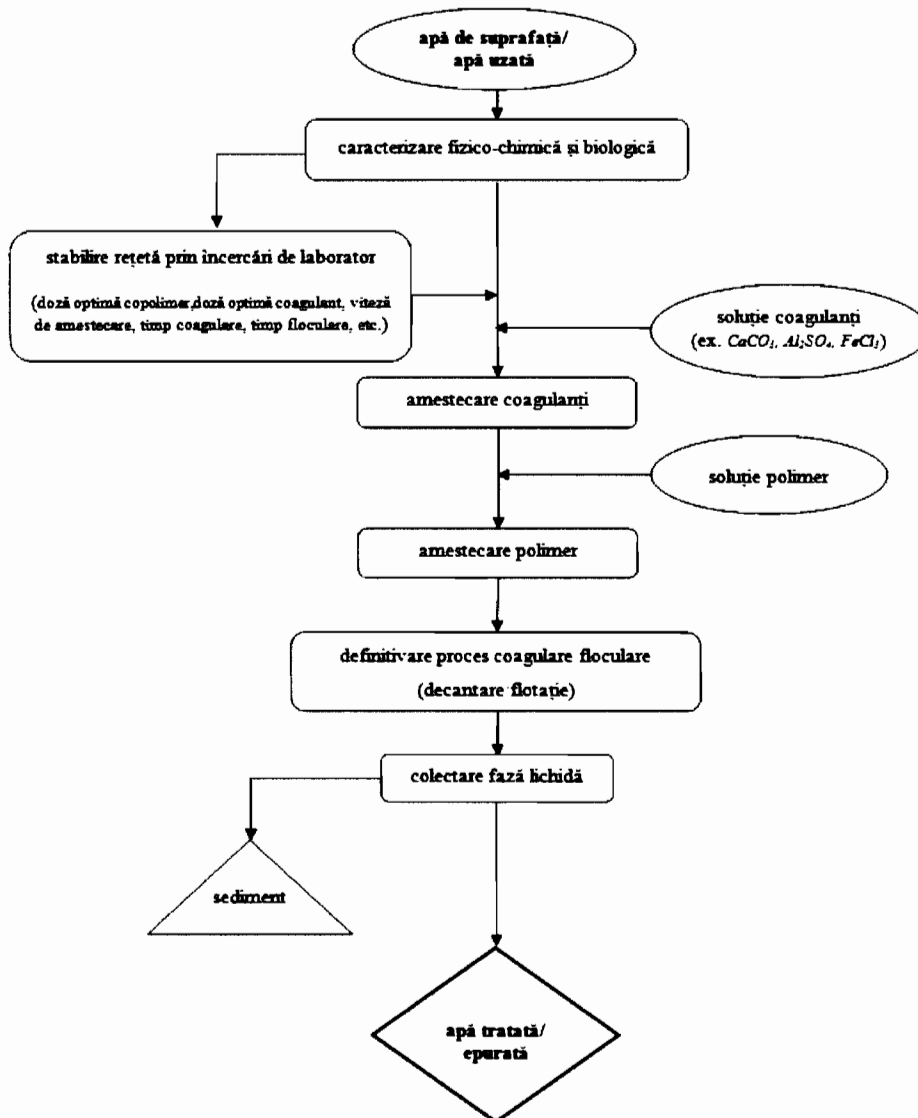
pH	7,0
Randament îndepărtare materii în suspensie [%]	73,3
Randament îndepărtare încărcare organică [%]	
CCOCr	78,1
CBO <sub>5</sub>	79,2
Randament îndepărtare substanțe extractibile [%]	75,0
Randament îndepărtare fosfor total [%]	94,3

**REVENDICĂRI**

1. Materiale polimerice sub formă semisolidă, solubile în apă rece, biodegradabile și cu însușiri floculante, **caracterizate prin aceea că** sunt constituite din 2,5 – 3,5% amidon, 25 – 35% acrilamidă, 7 – 8% clorură de sodiu, 0,1 – 0,2 ppm nanoparticule de argint și până la 100% apă.
2. Materiale polimerice conform revendicării 1 **caracterizate prin aceea că** prezintă coeficient de conversie monomer  $CC > 90\%$ , concentrație monomer rezidual  $M_r < 5\%$  și vâscozitate intrinsecă:  $[\eta] > 6$  dL/g.
3. Materiale polimerice cu proprietăți floculante și de biodegradare, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizate prin aceea că** contribuie la reducerea cu peste 90% a conținutului de fosfor în procedeele de tratare a apelor de suprafață și a apelor uzate.
4. Materiale polimerice cu proprietăți floculante și de biodegradare, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizate prin aceea că** prezintă activitate antimicrobiană asupra bacteriilor coliforme totale, bacteriilor coliforme fecale, enterococilor intestinali, *Escherichia coli*, *Pseudomonas*.
5. Procedeu de obținere a materialelor polimerice conform revendicărilor 1-4 în câmp de electroni accelerați de energie medie de 5,5 MeV **caracterizat prin aceea că** procesul de grefare este indus prin iradierea simultană a componentelor în soluție, la temperatura și presiunea mediului ambiant, cu doză de iradiere în domeniul (0,8 – 1,2 kGy) și debitul de doză în domeniul (0,6 – 0,8 kGy/min).
6. Procedeu de utilizare a materialelor polimerice conform revendicărilor 1-4 în cadrul procesului de epurare a apelor de suprafață și a apelor uzate **caracterizat prin aceea că** este constituit din următoarele etape:
  - a) caracterizare fizico-chimică și biologică a apei necesar a fi tratată/epurată,
  - b) stabilire rețetă, în funcție de încărcarea apelor uzate, prin analize de laborator prin coagulare-floculare-decantare/flotație, utilizând metoda "Jar test",
  - c) adăugare soluție de coagulant (de exemplu  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ),
  - d) omogenizare amestec apă uzată-coagulant,
  - e) adăugare soluție de copolimer grefat (floculant),
  - f) omogenizare amestec apă uzată-soluție de copolimer,
  - g) definitivare proces de coagulare-floculare,
  - h) colectare apă tratată prin separare de sediment.



**Schema 1.** Schema de flux tehnologic pentru sinteza de copolimeri prin iradiere în fascicul de electroni



**Schema 2.** Schema de flux tehnologic pentru procesul de epurare cu copolimeri greși a apelor uzate și de suprafață