



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2023 00183

(22) Data de depozit: 11/04/2023

(41) Data publicării cererii:  
30/08/2023 BOPI nr. 8/2023

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
PROTECȚIA MEDIULUI,  
SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR. 294,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• MARIA CRISTINA, STR.MOINEȘTI NR.6,  
BL.201, AP.15, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO;

• POP CRISTIAN- EMILIA, STR.SCHITULUI,  
NR.14, BL.57, SC.1, AP.11, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• DEAK GYORGY, STR.FLORILOR, BL.43,  
SC.2, AP.5, BĂLAN, HR, RO;  
• GHIȚĂ GINA, SPLAIUL INDEPENDENȚEI,  
NR.292A, ET.2, AP.18, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• ILIE MIHAELA, STR.CETATEA DE BALTĂ,  
NR.11-39, BL.31, SC.2, ET.4, AP.37,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(54) TEHNOLOGIE INOVATIVĂ PENTRU ELIMINAREA  
MICROPLASTICELOR DIN APELE UZATE

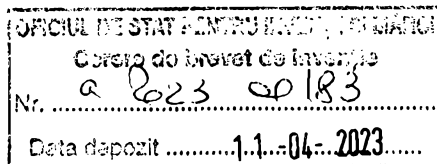
(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de finisare a apelor uzate evacuate din stațiile de epurare orășenești poluate cu deșeuri din materiale plastice cu dimensiuni între 1μm și 5 mm. Procedeu, conform invenției, constă în etapele: fragmentarea preliminară a microplasticelor prezente în apele uzate tratate în prealabil prin procedee convenționale, sub acțiunea agenților oxidativi, adsorbția pe cărbune activ a radicalilor liberi remanenți, stocarea intermediară a efluentului îmbogățit cu substanțe organice biodegrabile, pre-condiționarea sa cu nămol activ aerob și ajustarea proporției de nutrienți cu respectarea raportului C:N:P de 100:5:1

necesar pentru dezvoltarea masei microbiene, sterilizarea efluentului de pre-condiționare și degradarea biologică aerobă cu biomasă imobilizată pe suport solizi, adaptată pentru degradarea polietilen tereftalat (PET), polietilenă (PE), polipropilenă (PP) și polistiren (PS), decantarea gravitațională a biomasei excedentare cu reutilizare, rezultând un efluent tratat biologic calitativ cu o eficiență de degradare a PET de 80...85%, a PE de 60...73%, a PP de 64...71% și a PS de 68...81%.

Revendicări: 2  
Figuri: 2





## TEHNOLOGIE INOVATIVĂ PENTRU ELIMINAREA MICROPLASTICELOR DIN APELE UZATE

### DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția de față se referă la o tehnologie inovativă aplicabilă pentru eliminarea microplasticelor din apele uzate/efluenții evacuate din stațiile de epurare orășenești.

Microplasticele sunt particule omniprezente în mediu, au dimensiuni cuprinse între 1  $\mu\text{m}$  și 5 mm, [1] sunt constituite din polimeri, aditivi și diverse impurități, sunt insolubile în apă, nebiodegradabile și acumulabile în toate componentele mediului. Cercetările realizate în ultimul deceniu au demonstrat că oamenii sunt expuși în mod constant la microplastice, contaminarea realizându-se prin ingestie, inhalare și contact direct cu epiderma. Deși cele mai multe microplastice identificate în râurile interioare sunt rezultatul proceselor de fragmentare și descompunere a deșeurilor din materiale plastice gestionate în mod defectuos, nu puține sunt microplasticele evacuate în râurile interioare prin intermediul sistemelor de canalizare și evacuare a apelor uzate insuficient epurate în stațiile de epurare convenționale. În fapt, procedeele convenționale (mecanice, chimice și biologice) aplicate în stațiile de epurare a apelor uzate nu reușesc să rețină și/sau degradeze micile particulele solide de materiale plastice. Acestea practic tranzitează treptele de epurare fără să suporte nici o modificare structurală și ajung în mediul acvatic prin intermediul efluenților.

Majoritatea studiilor și lucrărilor publicate în revistele de specialitate concluzionează că poluarea cu microplastice a devenit o problemă îngrijorătoare și reprezintă o amenințare reală pentru toate viețuitoarele de pe Terra [1]. Din acest motiv, în prezent există o preocupare științifică crescută privind microplasticele, deoarece sunt foarte ușor accesibile pentru organismele acvatice și transferabile de-a lungul lanțului trofic.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția de față constă în realizarea unei trepte suplimentare de epurare a apelor uzate orășenești, mai exact de finisare a calității acestor categorii de ape înainte de a fi evacuate în apele de suprafață receptoare.

Se dă în continuare un exemplu tehnologie inovativă aplicabilă pentru eliminarea microplasticelor din apele uzate/efluenții evacuate din stațiile de epurare orășenești, în legătură cu imaginile din Fig. 1 – 2 care reprezintă:

Fig. 1 – Schema principalelor operații tehnologice implicate în tehnologia de eliminare a microplasticelor din apa uzată;

Fig. 2 – Schema fluxului tehnologic de îndepărtare a microplasticelor din apele uzate.

Elementele caracteristice figurilor reprezintă:

- 1 – Modul oxidativ de fragmentare preliminară a microplasticelor din apa uzată;
- 2 – Pompă de alimentare a apei uzate în coloana de adsorbție;
- 3 – Coloană de adsorbție cu cărbune activ;
- 4 – Pompă de alimentare a apei uzate în rezervorul de stocare intermediară;
- 5 – Rezervor de stocare intermediară și de eliminare a urmelor de radicali liberi/bioreactor de pre-condiționare;
- 6 – Debitmetru de alimentare a aerului;

- 7 – Pompă de alimentare a apei uzate în reactorul biologic;
- 8 – Reactor biologic cu funcționare continuă și biomasă specializată imobilizată pe suporti solizi naturali;
- 9 – Pompă de alimentare a sistemului de spargere a spumei;
- 10 – Sistem de spargere a spumei prin stropire cu apă uzată epurată;
- 11 – Debitmetru de alimentare a aerului;
- 12 – Decantor secundar longitudinal;
- 13 – Pompă de evacuare a biomasei;
- 14 – Modul de recondiționare a biomasei imobilizate;
- 15 – Sistem de monitorizare și control;
- 16 – Electrode și control concentrație de ozon; ( $\text{ECO}_3$ )
- 17 – Electrode și control concentrație de oxigen dizolvat (ECOD);
- 18 – Electrode și control valoare pH (ECpH);
- 19 – Control debit de alimentare apă uzată (CQ);
- 20 – Control concentrație de biomasă imobilizată (CB).

Tehnologia de degradare și îndepărtare a microplasticelor din efluenții stațiilor de epurare orășenești prin procedee convenționale, conform schemei tehnologice anexate (Figura 2), este constituită din:

- un modul oxidativ (1) în cadrul căruia are loc o fragmentare preliminară a microplasticelor sub acțiunea agenților oxidativi precum ozonul, radiații UV etc.;
- un modul de reținere prin adsorbție pe cărbune activ (3) a radicalilor liberi nereacționați care odată ajunși în reactorul biologic ar afecta în mod negativ procesele microbiologice prin inertizarea biomasei specializate;
- un modul de stocare și aerare intermediară (5) a apei uzate în scopul oxidării carbonului rezidual și îmbogățirii apei uzate cu macro și micronutrienții necesari metabolismului celular;
- un modul de degradare biologică aerobă (8) cu funcționare în regim continuu, care folosește biomasă specializată în degradarea microplasticelor, imobilizată pe suporti solizi poroși, naturali și biodegradabili;
- un modul de separare (12), recirculare și/sau reactivare (14) a biomasei imobilizate excedentare.

Modulul oxidativ de fragmentare preliminară a microplasticelor din apa uzată (1) nu face obiectul acestei solicitări de brevet. În cadrul său are loc o oxidare a compușilor organici refractari precum și o funcționalizare a suprafețelor particulelor polimerice prezente în apa uzată. Printre tehnologiile oxidative utilizate se numără ozonizarea, oxidarea chimică, fotocataliza UV-C etc.. Un bun exemplu de modul de pre-tratare și oxidare este prezentat în patentul "RO 133775 A0 – Procedeu de epurare avansată a apelor uzate provenite de la fermele zootehnice" care presupune ozonizarea în contra-curent în patru coloane succesive dotate cu separatoare de spumă. Efluentul saturat în radicali liberi și ozon dizolvat este trecut printr-un fotoreactor de tip UV-C pentru a intensifica activitatea radicalilor liberi asupra materialelor polimerice refractare [2]. Un efect secundar benefic al modulului oxidativ (1) este că oferă un efluent sterilizat din punct de vedere microbiologic, protejând astfel puritatea culturilor specializate prezente în

modulul biologic/reactorul biologic cu funcționare continuă și biomasă specializată imobilizată pe suporti solizi naturali (8).

Efluentul modului oxidativ (1) va avea un conținut ridicat de substanțe organice biodegradabile din cauza prezenței produșilor atacului radicalic și oxidativ asupra substanțelor organice greu biodegradabile sau ne-degradabile, pe lângă microparticulelor de plastic care din cauza dimensiunilor lor nu au fost complet dezagregate (pentru dezagregare fiind necesari timpi de reacție foarte lungi în prezența unor procese energofage).

Prin prezenta solicitare de brevet se preia efluentul modulului oxidativ (1) și se supune unei înlănțuiri de procese biologice ce au ca scop degradarea lentă a microparticulelor de polimer rămase nedezagregate cu un consum energetic mai redus. Astfel, într-o primă etapă, efluentul modulului oxidativ (1) este trecut printr-o coloană de cărbune activ (3) în scopul neutralizării și reținerii radicalilor liberi remanenți (care altfel ar afecta procesele microbiologice).

Substanțele organice ușor biodegradabile formate în modulul oxidativ (1) reprezintă o sursă de carbon ușor de metabolizat de către microorganisme, din acest motiv a fost introdus în fluxul tehnologic un rezervor de stocare intermediară și de eliminare a urmelor de radicali liberi (5) în cadrul căruia are loc o pre-condiționare în care efluentul din coloana de carbon activ este contactat cu nămol activ aerob recuperat care va consuma rapid sursa de carbon ușor disponibilă. De asemenea, în această etapă se verifică și se ajustează proporția celorlalți nutrienți (macro- și micro-nutrienți) necesari dezvoltării masei bacteriene astfel încât să se respecte echivalența/raportul C:N:P = 100:5:1.

Efluentul bioreactorului de pre-condiționare (5) este trecut printr-un modul de sterilizare UV-C și este trimis către reactorul biologic aerob cu culturi microbiene specializate imobilizate pe suporti solizi naturali și inerti din punct de vedere chimic (8). Aceste culturi bacteriene au fost adaptate pentru degradarea celor mai frecvent întâlnite microplastice din mediul acvatic [ex.: polietilen tereftalat (PET), polietilenă (PE), polipropilenă (PP) și polistiren (PS)], printr-o serie de experimente desfășurate timp îndelungat (cca. 3 ani) la scară de laborator și utilizând atât ape uzate sintetice îmbogățite cu concentrații variabile de microplastice, cât și efluenți prelevați din diverse stații de epurare orășenești. S-a plecat de la ideea că aceste culturi bacteriene specializate, în absența altor surse de carbon ușor accesibile, vor folosi ca sursă de carbon particulele de microplastic care vor avea tendința să adere la biofilmul format. Atunci când se observă o scădere a ratei de creștere a biomasei din reactorul biologic (8), prin intermediul unei pile electrice microbiene, se verifică analitic concentrațiile principalilor nutrienți (N, P și microelemente) și se finalizează șarja de apă uzată prelucrată.

Cultura bacteriană/biomasa specializată a fost imobilizată pe suporti solizi poroși, naturali și biodegradabili (ex.: pomică/rocă vulcanică cu textură poroasă/piatră ponce, tuf vulcanic silicic, tuf vulcanic calcaros și alginat).

Biomasa specializată excedentară formată și suportii solizi microporoși sunt îndepărtate din instalația de epurare prin decantare gravitațională în decantorul longitudinal (12) și sunt transportați în modulul de recondiționare (14) unde sunt supuși operațiilor de spălare/curățare și sterilizare în scopul reutilizării prin expunere la efluentul bogat în ozon și radicali liberi din modulul oxidativ (1), înainte de trecerea prin coloana de cărbune activ (3).

Funcționarea instalației de eliminare a microplasticelor din apele uzate este automatizată. Sistemul de monitorizare și control (15) permite supravegherea și modificarea de la distanță a principalilor parametri de funcționare ai instalației și de asemenea, permite stocarea și descărcarea acestora, via suport USB, pe întreaga perioadă de desfășurare a proceselor de oxidare și biodegradare. Sistemul de automatizare monitorizează și colectează principalii parametrii hidraulici și pneumatici ai proceselor tehnologice (ex.: debite de apă uzată, debite de aer, niveluri de lichid în rezervor, reactor și decantor etc.), principalele caracteristici ale apelor uzate supuse epurării (ex.: concentrații de ozon și oxigen dizolvat, valori ale pHului etc.) acționând prin intermediul pompelor (2, 4, 7, 9, 13) și debitmetrelor (6, 11) din componența instalației asupra principalilor elemente de comandă și corecție (16, 17, 18, 19, 20).

Tehnologia de degradare a microplasticelor conform invenției conduce la obținerea unor eficiențe de îndepărtare a PET cuprinse între 80 și 85%, a PE cuprinse între 60 și 73%, a PP cuprinse între 64 și 71%, și a PS cuprinse între 68 și 81%.

Aplicarea tehnologiei de degradare a microplasticelor conform invenției a evidențiat următoarele avantaje:

- creșterea tratabilității biologice a apei uzate;
- obținerea unei calități a efluentului net superioară condițiilor stipulate de NTPA 001 [3]:  $CBO_5 < 15 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ,  $CCO\text{-Cr} < 95 \text{ mg O}_2/\text{L}$ , Azot total  $< 5 \text{ mg/L}$ , Fosfor total  $< 0,07 \text{ mg/L}$ ;
- degradarea/îndepărtarea semnificativă a microplasticelor (eficiențe de 60-85 %);
- viteze mai mari de sedimentare a biomasei imobilizate pe suporturi solizi;
- reutilizarea pe termen lung a suporturilor solizi poroși.

## BIBLIOGRAFIE

1. ISO/TR 21960:2020 – Plastics – Environmental aspects – State of knowledge and methodologies.
2. Brevet RO 133775 A0 – Procedeu de epurare avansată a apelor uzate provenite de la fermele zootehnice.
3. Hotărârea de Guvern nr. 352 din 21 aprilie 2005 privind modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate.

## TEHNOLOGIE INOVATIVĂ PENTRU ELIMINAREA MICROPLASTICELOR DIN APELE UZATE

### REVENDICĂRI

1. Tehnologia de degradare a microplasticelor din apele uzate tratate în prealabil în stații convenționale de epurare, **caracterizată prin aceea că** poate fi aplicată apelor uzate cu un conținut de microplastice de maxim 100 mg/L, este constituită din cinci module principale: un modul oxidativ, un modul de adsorbție, un modul de oxidare aerobă a carbonului rezidual și de îmbogățire a apei uzate cu macro și micronutrienții, un modul de tratare biologică aerobă cu biomasă specializată imobilizată, un modul de separare, recirculare și/sau reactivare a biomasei excedentare/epuizate. Tehnologia conduce la obținerea unui efluent cu o calitate net superioară condițiilor stipulate de NTPA 001 (H.G. nr. 352/2005) și la eficiențe de degradare a celor mai frecvent întâlnite microplasticelor (PET, PE, PP, PS) cuprinse între 60 și 85 % .

2. Tehnologia de degradare avansată a microplasticelor din apele uzate conform revendicării (1), **caracterizată prin aceea că** efluentul modului oxidativ, saturat în radicali liberi și ozon dizolvat, este tratat ulterior în două etape biologice succesive. Prima etapă are loc în reactorul de pre-condiționare în care efluentul din coloana de carbon activ este contactat cu nămol activ aerob recuperat și în care va fi consumată rapid sursa de carbon ușor disponibilă/substanțele organice ușor biodegradabile formate în modulul oxidativ. A doua etapă are loc în reactorul biologic aerob, cu funcționare continuă complet automatizată, în prezența unei culturi celulare adaptată și specializată în metabolizarea microplasticelor din mediul acvatic. Această cultură celulară specializată este imobilizată pe suporti solizi poroși, naturali și biodegradabili, suporti care sunt recuperați și reutilizați până la completa epuizare, evitându-se astfel încărcarea platformelor de depozitare a deșeurilor rezultate din stațiile de epurare orășenești și implicit poluarea mediului.

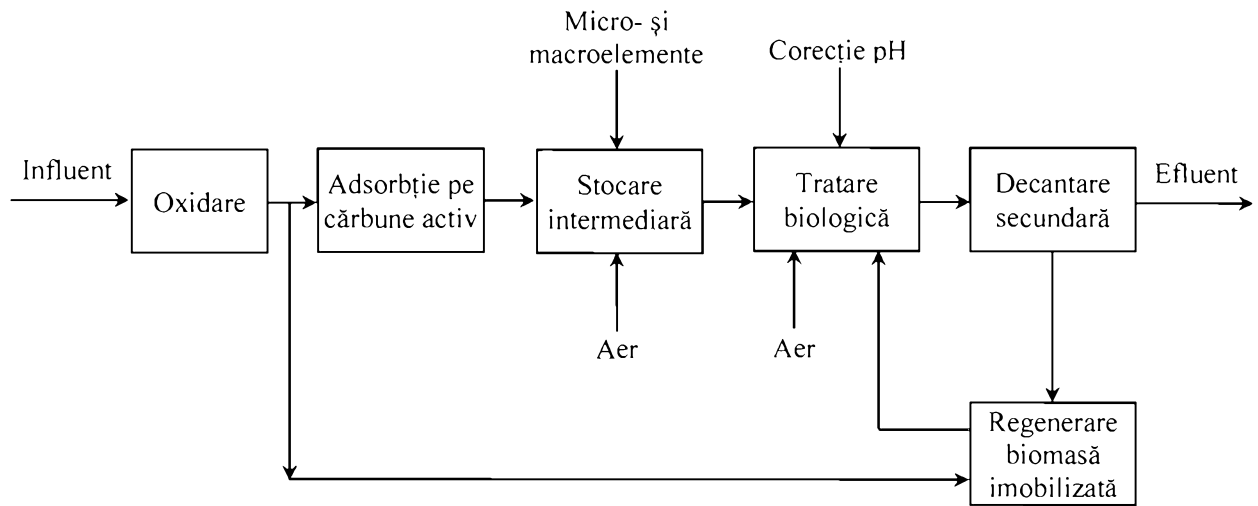


Fig. 1

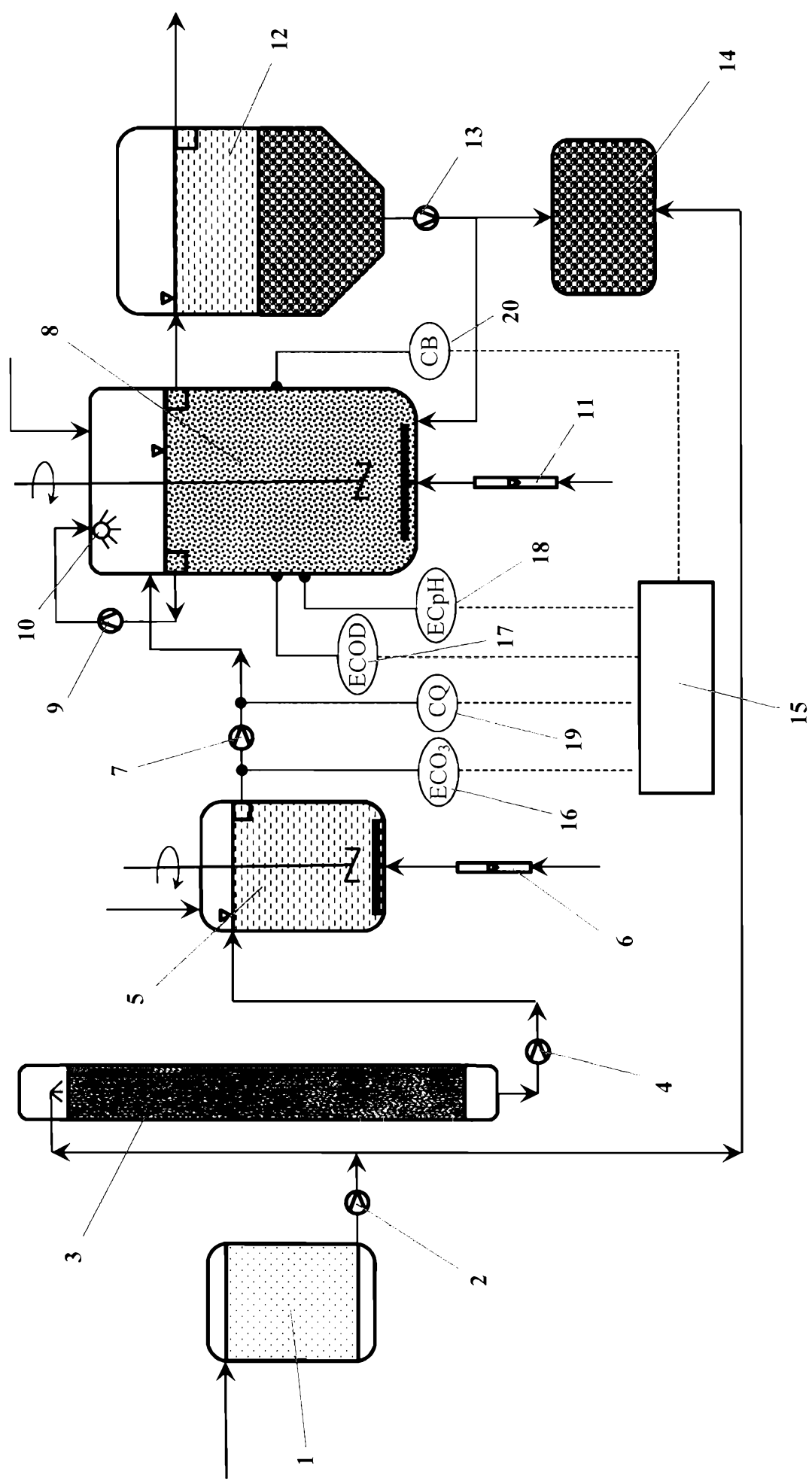


Fig. 2