

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00400

(22) Data de depozit: 11/07/2022

(41) Data publicării cererii:
30/01/2024 BOPI nr. 1/2024

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• ȘOREANU GABRIELA,
STR. TITU MAIORESCU, NR.24B, BL.H4,
ET.4, AP.17, IAȘI, IS, RO;
• CREȚESCU IGOR, ALEEA PROF.VASILE
PETRESCU, NR.15, BL.Q1, ET.2, AP.10,
IAȘI, IS, RO;

• MAIER STELIAN-SERGIU,
STR. FĂNTĂNILOR NR. 37, BL. B2, ET. 7,
AP. 69, IAȘI, IS, RO;
• LISA GABRIELA, STR. VÂNĂTORULUI,
NR.9, SAT PIETRĂRIA, COMUNA
BÎRNOVA, IS, RO;
• LISA CĂTĂLIN, STR. VÂNĂTORULUI,
NR.9, SAT PIETRĂRIA,
COMUNA BÎRNOVA, IS, RO;
• ANTONESCU ION, STR.PROF.NICOLAE
OBLU, NR.7, BL.B12, SC.A, ET.2, AP.9,
IAȘI, IS, RO

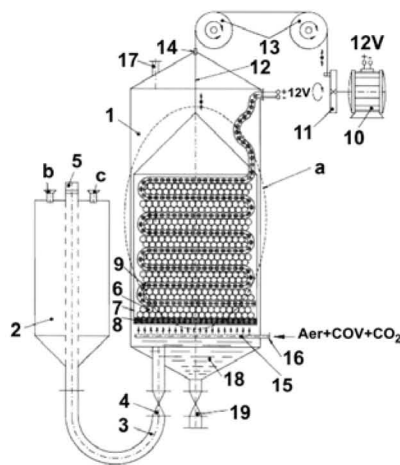
(54) **PROCEDEU ȘI INSTALAȚIE PENTRU TRATAREA
PRIN BIOFOTODEGRADARE A AERULUI IMPURIFICAT
CU COMPUȘI VOLATILI AI CARBONULUI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o instalație și la un procedeu pentru tratarea prin biofotodegradare a aerului impurificat cu compuși volatili toxici ai carbonului. Instalația conform invenției este constituită dintr-un biofotoreactor (1) imobil și un bioreactor (2) deplasabil pe verticală, racordate printr-un racord (3) flexibil și separate printr-o vană (4) cu clapă tip fluture, are niște racorduri și echipamente pentru deservire, biofotoreactorul (1) incluzând o stivă (a) alcătuită din inele (6) pentru coloane cu umplură, de tip Bialecki, pe suprafața cărora un consorțiu de microorganisme generează biofilmul activ, stiva (a) fiind clădită pe un disc (8) metalic perforat și introdusă într-un sac (7) realizat din plasă polimerică, în interiorul și în jurul stivei (a) fiind plasat un furtun (9) pentru iluminare, cu LED-uri care emit lumină albă și un sistem pentru antrenare du-te-vino pe verticală compus dintr-un motor (10), un reductor de turație, un disc (11) excentric și un cablu (12) torsadat care trece peste un sistem (13) de scripeți și intră în bioreactorul (2) printr-o închidere (14) hidraulică, un dispersor (15) spiral racordat printr-un ștuț (16) și un con (18) colector racordat printr-o vană (19) la un sistem de golire și preluare a biomasei. Procedeu conform invenției include o etapă preliminară de curățare și sterilizare a instalației și cultivarea consorțiului de microorganisme în bioreactorul (2), amorsarea instalației, alimentarea biofotoreactorului (1) cu mediu de cultură, consolidarea microorganismelor în biofotoreactorul (1), derularea proceselor dedepoluare a aerului barbotat cu ajutorul

unui consorțiu de microalge și bacterii încapsulate în propriul biofilm pentru preluarea, metabolizarea și fixarea ca biomasă a unor compuși volatili ai carbonului din aerul impurificat prin iluminarea stivei, colectarea, decantarea și în final evacuarea excesului de biomasă depus în conul (18) al biofotoreactorului (1).

Revendicări: 2
Figuri: 1



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2022 50400
Data depozit 11-07-2022

RO 137885 A2

12

Procedeu și instalație pentru tratarea prin biofotodegradare a aerului impurificat cu compuși volatili ai carbonului

Invenția se referă la un procedeu și la o instalație pentru tratarea prin biofotodegradare a aerului impurificat cu compuși volatili ai carbonului, care asigură intensificarea proceselor microbiologice fotoasistate, utilizate pentru degradarea speciilor volatile, organice și anorganice ale carbonului, toxice, intens odorante și/sau cu potențial de încălzire globală, între care: alcooli, esteri, cetone, aldehide, bioxidul de carbon etc. În acest mod, procedeu și instalația în cauză fac posibilă reducerea încărcării poluante a aerului din incinte și spații în care acestea se generează și se acumulează.

Din literatura de specialitate și din cea de brevete este cunoscut faptul că microorganismele fotoautotrofe și chemotrofe pot fi utilizate la scară biotehnologică pentru fixarea speciilor volatile ale carbonului din aer și amestecuri de gaze, prin tehnici care recurg la instalații de tipul biofiltrelor, bioscruberelor, bioreactoarelor cu membrană, bioreactoarelor cu gel, bioreactoarelor cu biofilme etc. [1-6]. Soluțiile tehnice oferite în literatură sunt orientate înspre îndepărtarea din aer a micropoluantilor prin contactarea lor, în fază omogenă sau eterogenă, cu volume mari sau cu suprafețe extinse ale unor medii în care sunt cultivate microorganismele sau consoții de microorganismele, astfel încât să se asigure, pe de o parte, randamente suficient de ridicate ale fixării volatilelor, iar pe de altă parte, tratarea unor volume semnificative de amestecuri gazoase. Exceptând contactarea în fază omogenă (cu microorganismele în stare planctonică), respectivele soluții exploatează metabolismul microorganismelor aflate în zona suprafețelor de contact cu amestecurile de gaze tratate, fapt care conduce la diferențe semnificative între sarcinile biochimice la care sunt supuse celulele microorganismelor. Pentru uniformizarea sarcinii biochimice depoluante, de fixare a compușilor volatili vizati, mediile de cultivare se înprospătează sau se filtrează periodic, fapt care impune operarea discontinuă a instalațiilor. În plus, soluțiile cunoscute combat colmatarea și deprecierea mediilor și interfețelor solide de cultivare prin metode costisitoare, care implică înlocuirea progresivă a acestora, conform unor programe de operare cu întreruperi frecvente. Sistemele cu operare continuă destinate fixării compușilor volatili, cunoscute din literatura de brevete [7-9], recurg la soluții complexe pentru asigurarea unor interfețe stabile și suficient de extinse între mediul de cultivare a microorganismelor



și fluxul de gaze supus depoluării, fapt care impune lucrul la presiuni ridicate sau cu sisteme coloidale modest stabile în cursul operării, ceea ce reduce duratele de serviciu ale mediilor de cultivare și impune o operare pseudo-discontinuuă a instalațiilor.

Majoritatea procedeele de biodegradare și fixare a compușilor volatili organici ai carbonului apelează la microorganisme heterotrofe, care generează bioxid de carbon, gaz cu efect de seră. Îndepărtarea acestuia din fluxul gazos emergent implică un al doilea tratament fizico-chimic (prin chemo-sorbție în medii lichide, ori prin adsorbție la interfețe înalt permeabile, microporoase sau de tip gel), sau biologic (biofotoconversie în medii de cultivare a microalgelor și / sau a bacteriilor producătoare de biomasă). Necesitatea celui de-al doilea tratament al fluxului de gaze crește costurile de investiție și de operare a instalațiilor pentru fixarea compușilor volatili ai carbonului.

Recapitulând, **dezavantajele majore ale procedeele și instalațiilor cunoscute**, sus-menționate, sunt: (i) necesitatea supradimensionării pentru asigurarea randamentelor de transfer, reținere și fixare a compușilor volatili ai carbonului din fluxuri gazoase cu debite rezonabile, (ii) generarea de biomasă în cantități ridicate, ca urmare a utilizării microorganismelor și consorțiilor de microorganisme heterotrofe, fapt care impune separarea acesteia din mediul de cultivare și împropătarea continuă a cotingentului de microorganisme biologic-active, (iii) colmatarea rapidă cu biomasă ori cu produse secundare de bioreacție a mediilor lichide și interfețelor din bioreactoare, (iv) necesitatea aplicării unui al doilea proces de reținere – fixare a bioxidului de carbon generat în chiar procesele de depoluare biologică, (v) necesitatea aplicării frecvente a operațiilor de mentenanță a instalațiilor.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unei instalații și a stabilirii unor elemente de procedeu de purificare a aerului impurificat cu compuși volatili ai carbonului care să permită creșterea eficienței degradării compuşilor organici concomitent cu captarea bioxidului de carbon rezultat ca urmare, în condiții de operare economice determinate de diminuarea consumurilor energetice și evitarea colmatării umpluturii cu biomasă.

Conform invenției, **soluția tehnică** pentru problema menționată constă în **intensificarea proceselor de conversie a compușilor volatili ai carbonului ca urmare a** creșterii transferului de masă pe baza deplasării pulsatile în coloana a stratului filtrant, respectiv prin utilizarea unui **consorțiu de microorganisme selecționate și decolmatarea dinamică** a mediului de incapsulare a microorganismelor prin eliminarea continuă a unei porțiuni din biomasă formată în timpul vibrării mediului de incapsulare, **alternant** cu repopularea cu microorganisme a



suprafetei in cauza prin imersarea mediului de incapsulare in mediul de cultura incarcat cu microorganismele.

Instalația de aplicare a procedurii se compune din: un biofotoreactor, un bioreactor, deplasabil pe verticală, racordate printr-un racord, biofotoreactorul incluzând o stivă, alcătuită din inele pentru coloane cu umplutură, de tip Bialecki, pe suprafața cărora un consorțiu de microorganismele generează biofilmul activ în procesele de depoluare, în interiorul și în jurul stivei fiind plasat un furtun pentru iluminare, cu LED-uri ce emit lumină albă; un sistem pentru antrenare du-te-vino pe verticală a sacului cu inele Bialecki, -un dispersor spiral, plasat la baza biofotoreactorului 1, cu duze pentru barbotarea aerului impurificat, un con colector, racordat în exterior la un sistem pentru golire și preluarea biomasei; -o instalație anexă de curățare curentă, sanitarizare periodică și sterilizare la startarea instalației.

Avantajele procedurii și instalației brevetate constau în:

- eficientizarea transferului de masă între fluxul gazos și biofilmul generat de consorțiul de microorganismele aderente la suprafața mediului de încapsulare, ca urmare a menținerii în stare înalt activă a respectivului biofilm prin decolmatarea dinamică aplicată;
- prelungirea duratei de serviciu a mediului de încapsulare, ca urmare a repopulării periodice cu consorțiu de microorganismele cultivate într-un bioreactor anexă al instalației de depoluare;
- diminuarea consumurilor energetice prin eliminarea unor consumatori principali de energie cum sunt pompele utilizate pentru recircularea continua a soluției nutritive în biosistemul de tratare a gazelor și evitarea caderilor de presiune ridicate (determinate de colmatarea stratului filtrant sau a sistemelor de distribuție datorită dezvoltării excesive de biomasa);
- diminuarea costurilor de operare și exploatare prin îndepărtarea simultană a COV-urilor și CO₂-ului din fluxul de gaz procesat (introdus în reactor sau generat in-situ) în aceeași unitate (se evita astfel supradimensionarea instalației);
- operarea cvasi-continuă a instalației, prin etape alternante de exploatare și de repopulare a mediului de încapsulare a microorganismelor, etapa dedicată repopulării având o durată minimală.

Invenția este prezentată pe larg în continuare printr-un exemplu de realizare în legătură și cu figura 1 care reprezintă instalația de aplicare a procedurii conform invenției în secțiune verticală.

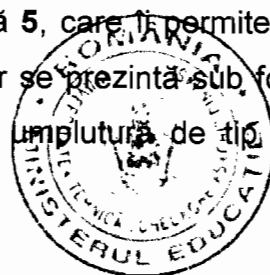


Procedeu pentru tratarea prin biofotodegradare a aerului impurificat cu compuși volatili ai carbonului, conform invenției, constă în derularea riguros etapizată, în interiorul unui biofotoreactor cu structură particulară, ce face de asemenea obiectul prezentei invenții, a unor etape de exploatare și de repopulare a biofilmului generat de un consorțiu de microorganisme selecționate în conformitate cu două criterii: (i) abilitatea de a genera rapid și reproductibil, prin co-cultivare, biofilme înalt active în procesele de depoluare și (ii) complementaritatea în derularea proceselor de degradare și de fixare ca biomasă a compușilor volatili organici și anorganici ai carbonului. Ordonarea etapelor se realizează corelat cu structura și modul de operare a instalației, respectiv cu soluțiile tehnice originale pentru decolmatarea și repopularea mediilor de încapsulare a consorțiului de microorganisme.

Instalația pentru tratarea prin biofotodegradare a aerului impurificat cu compuși volatili ai carbonului, conform invenției, complementară procedurii ce face de asemenea obiectul prezentei invenții, constă în două sisteme cu funcționare corelată: (i) un biofotoreactor cu structură și funcționare particulară, în care se derulează procesele de depoluare și (ii) un bioreactor pentru menținerea în co-cultură planctonică a consorțiului de microorganisme exploatat în vederea depoluării. Cele două bioreactoare sunt racordate între ele printr-un sistem de tipul vaselor comunicante, care permite derularea celor două epoci de operare.

Se prezintă în continuare un **exemplu de realizare a invenției**, în legătură cu Figura 1, axat pe descrierea instalației pentru tratarea prin biofotodegradare a aerului impurificat cu compuși volatili ai carbonului. Cu excepția reperelor expres menționate, toate componentele instalației sunt realizate din oțel inoxidabil ASTM 316L, pentru a putea fi sterilizate prin cuplare la o instalație de curățare pe poziție (*clean in place*). Elementele de etanșeizare sunt realizate din teflon sau din cauciuc siliconic rezistent la compuși chimici și temperaturi de până la 150 °C.

Figura 1 prezintă schema de principiu a instalației în cauză, alcătuită din cele două bioreactoare: biofotoreactorul 1 și bioreactorul pentru menținerea în cultură a consorțiului de microorganisme 2, racordate prin racordul metalic flexibil 3, de tip gofrat, și separate prin vana cu clapă fluture 4, acționabilă atât manual, cât și automatizat. Ambele bioreactoare au geometrie cilindrică și sunt prevăzute cu sisteme pentru termostatare și pentru alimentarea/preluarea fluidelor. Biofotoreactorul 1 este fix, iar bioreactoul 2 este plasat pe un sistem cu cremalieră 5, care îi permite deplasarea pe verticală. Mediul de încapsulare a microorganismelor se prezintă sub formă de biofilm format pe suprafața unor inele pentru coloane cu umplutură de tip Białecki 6, din



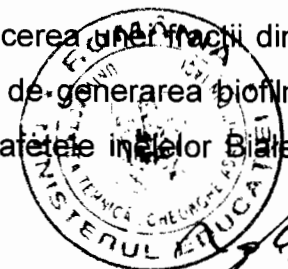
polipropilenă, cu suprafața specifică de minimum $220 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Formarea biofilmului se realizează într-o etapă anterioară exploatarea instalației, care decurge în mod adecvat consorțiului de microorganisme utilizat. Inelele Bialecki sunt asamblate ordonat și sunt introduse într-un sac **7** realizat din material inert din punct de vedere chimic și biochimic, de tip plasă polimerică, având ochiuri cu latura de $2 + 5 \text{ mm}$. La baza sacului se dispune un disc metalic **8** cu perforații cu diametrul de $5 + 15 \text{ mm}$, pe care se depun inelele de umplutură asamblate. În stratul alcătuit din inele Bialecki se inserează un furtun flexibil și transparent **9**, destinat iluminării stratului utilizând LED-uri cu lumină albă. După încărcarea sa cu inele, sacul **7** este atașat unui sistem mobil, antrenat pe verticală de un sistem mecanic într-o mișcare de du-te-vino cu o amplitudine de $50 + 150 \text{ mm}$ și frecvență reglabilă, între 10 și 60 cicluri per minut. Sistemul de antrenare este alcătuit dintr-un motor electric de joasă tensiune **10**, care antrenează printr-un reductor un disc excentric **11**, peste care este trecut cablul **12** care se sprijina pe un sistem de scripeti **13** și intra în biofotoreactor printr-o închidere hidraulică cu ulei **14**. De cablul **12** este suspendat sacul cu stiva de inele Bialecki. La baza cilindrului ce constituie corpul biofotoreactorului se montează un dispersor spiral cu duze **15**, prin care se injectează amestecul de aer impurificat prin intermediul racordului **16**. Aerul purificat este eliminat printr-un stut **17** amplasat la partea superioară a biofotoreactorului. Pentru colectarea biomasei desprinse de pe inelele Bialecki ca urmare a vibrației mecanice, în etapele de decolmatăre mecanică, în conul inferior al biofotoreactorului se montează un con colector **18**, racordat la un sistem de scurgere **19** către exterior a mediului lichid.

-a, umplutura amplasată în sacul de plastic formată din inele Bialecki și încărcătura microbiană, dispuse alternant cu furtunul luminos, formează un piston care culisează în coloana biofotoreactorului

-b, -c, stuturi prin care se poate realiza operarea celui de-al doilea bioreactor (alimentare soluție nutritivă, reglarea pH-ului, etc)

În cele ce urmează se prezintă un exemplu de operare a instalației din Figura 1. Procedeu constă în aplicarea, în etape ciclice repetitive, a următoarelor operații:

(i) **cultivarea consorțiului de microorganisme** în bioreactorul **2**, recurgând la un inocul concentrat, anterior preparat aplicând protocoale biotehnologice din clasa celor din amonte (*up-stream*), însămânțat pe mediu de cultură apt co-cultivării microorganismelor, (ii) **amorsarea instalației**, prin introducerea unei fracții din mediul de cultură din bioreactorul **2** în biofotoreactorul **1**, urmată de generarea biofilmului ce încapsulează cele două tipuri de microorganisme pe suprafețele inelelor Bialecki, (iii)



7

alimentarea cu mediu de cultură a bioreactorului 2, în vederea pregătirii pentru dozările ulterioare, (iv) **consolidarea consorțiului de microorganisme** prin favorizarea proliferării microorganismelor și a aderenței biofilmului la inelele Białecki, (v) **derularea procesului de depoluare a aerului** impurificat, injectat în biofotoreactor, (vi) stoparea alimentării aerului impurificat și decolmatarea dinamică a biofilmului de pe suprafețele inelelor Białecki, prin îndepărtarea excesului de biomasă, operație realizată sub efectul deplasării / vibrării stivei de inele Białecki, în mediul de cultivare, cu amplitudini variabile, cuprinse între 50 și 150 mm, la frecvențe reglabile între 10 și 60 cicluri per minut; -(vii) colectarea, decantarea și evacuarea excesului de biomasă depus în conul colector **18** al biofotoreactorului **1**;

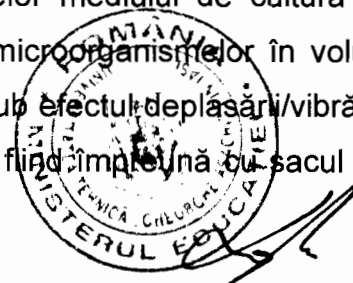
(viii) sanitarizarea instalației, în ansamblul său prin **golirea biofotoreactorului 1** și aplicarea unui pachet de operații pentru **sanitarizarea instalației**, în ansamblul său prin **curățarea și sterilizarea instalației** utilizând o instalație separată, de curățare pe poziție (*clean in place*); (ix) reluarea ciclului etapelor de operare .

-Etapa (v) de depoluare se derulează în sub-etape succesive, ciclic repetate, după cum urmează:

- Pentru **inițierea primului ciclu de operare**, biofotoreactorul **1** se golește prin racordul **19** atașat conului colector **18**, apoi deschizând vana **4**, se transferă mediul de cultură între bioreactorul **2** și biofotoreactorul **1**. Transferul se efectuează deplasând pe verticală, în sus, bioreactorul **2**, antrenat prin cremaliera **5** atașată acestuia. După imersarea integrală a sacului cu stiva de inele Białecki în mediul de cultură, vana **4** se închide, iar iluminarea prin LED-urile furtunului **9** se cuplează la o sursă externă de joasă tensiune.

- **Tratamentul de depoluare** se efectuează începând cu o primă etapă, a distribuției aerului impurificat, prin duzele dispersorului **15**, cu un debit corelat cu numărul de inele Białecki utilizate pentru constituirea umpluturii și cu aria secțiunii de curgere pe care stiva de inele o asigură. Debiturile fezabile sunt de ordinul $0,003 \div 0,3 \text{ m}^3/\text{min}$ și se stabilesc la jumătate din limita debitului la care biofilmul se desprinde de pe inelele umpluturii.

-Etapa (vi) de **Decolmatarea dinamică** se aplică drept a doua etapă a tratamentului de depoluare și constă în desprinderea excesului de biomasă rezultat pe suprafața inelelor Białecki ca urmare a metabolizării componentelor mediului de cultură și a volatilizării din aerul injectat, respectiv prin proliferarea microorganismelor în volumul biofilmului aderent la inele. Desprinderea se realizează sub efectul deplasării/vibrării în volumul de mediu de cultură a stivei de inele, antrenate fiind împreună cu sacul **7**. În



vederea desprinderii, alimentarea aerului impurificat se suspendă, dar iluminarea se menține constantă. Biomasa excedentară desprinsă de pe inele se depune în conul colector. După decantarea în con, (etapa vii), biomasa este evacuată odată cu un volum de mediu de cultură. Respectivul volum este apoi înlocuit cu mediu de cultură proaspăt, transvazat din bioreactorul 2.

Durata etapei de alimentare a fluxului gazos de tratat în biofotoreactor și respectiv a celei de decolmatare se stabilește funcție de: - tipul microorganismelor din consorțiu; - compoziția gazelor supuse tratamentului și: - compoziția mediului de cultură. Primul și cel de-al treilea parametru sunt exemplificate în cele ce urmează:

-Consoțiu de microorganisme include microalge (spre exemplu din genurile *Chlorella* și/sau *Arthrospira*) și bacterii specifice solurilor de pădure. Bacteriile se separă din compost vegetal cu conținut de turbă și humus activ și se precultivă într-un mediu minimal, suplimentat cu glucoză pentru menținerea lor în stare planctonică.



Bibliografie

1. Ezekiel Kruglick (2017). Biofilters for living spaces. Patent no. US 9534800 B2.
2. Imelda Egan, Ian Phillips (2011). Process and apparatus for the biofiltration of volatile organic compounds. Patent no. US 7919304 B2.
3. Pranas Baltrenas, Edita Baltrenaite (2016). A vertical biofilter-adsorber. Patent demand no. EP 3072576 A1.
4. Albert WAALKENS, Maria Carmen GABALDÓN GARCIA, Josep Manuel PEÑARROCHA OLTRA, Francisco Javier ÁLVAREZ HORNOS (2018). Patent no. US 9975088 B2.
5. Anthony Patrick Andrew Taylor, Kim Suzanne Finnie, John Bartlett, Peter James Holden (2014). Membrane bioreactor. Patent demand no. EP 1751269 B1.
6. Cruz-Garcia B., Aizpuru A. (2022). Proof of concept of a novel in tandem biofilter photobioreactor system for valorization of volatile organic compounds: mineralization of methanol vapors coupled with use of CO₂ as a carbon source for *Arthrospira maxima* growth, *Chemical Technology and Biotechnology*, 97(6): 1390-1399.
7. Steven William Peretti, Stuart Marc Thomas, Robert Donald Shepherd, Jr. (1999). Bioreactor process for the continuous removal of organic compounds from a vapor phase process stream. Patent no. US 5954858 A.
8. Monroy Samperi Carlos (2021). Improved device for removing volatile organic compounds. Patent demand no. EP 3892359 A1.
9. Galliher Parrish Littleton, Hodge Geoffrey Sutton, Fisher Michael Ashland, Guertin Patrick Mendon, Mardirosian Dan Charlton (2013). Continuous perfusion bioreactor system. Patent demand no. EP 2020433 B1.



REVENDICĂRI

1. Instalație pentru tratarea prin biofotodegradare a aerului impurificat cu compuși volatili ai carbonului, **caracterizată prin aceea că** este compusă din:

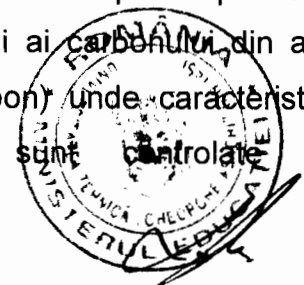
-un biofotoreactor **1**, imobil și un bioreactor **2**, deplasabil pe verticală, racordate printr-un racord flexibil **3** și separate printr-o vană cu clapă tip fluture **4**, precum și racorduri și echipamente pentru deservire în cursul operării tehnologice, biofotoreactorul **1** incluzând o stivă, **a**, alcătuită din inele **6** pentru coloane cu umplutură, de tip Białecki, pe suprafața căroră un consorțiu de microorganisme generează biofilmul activ în procesele de depoluare; stiva **a** fiind clădită pe un disc metalic **8** perforat și introdusă într-un sac **7** realizat din plasă polimerică, în interiorul și în jurul stivei **a** fiind plasat un furtun pentru iluminare, **9**, cu LED-uri ce emit lumină albă;

-un sac **7** cu inelele Białecki **6** stivuite, care se atașează unui sistem pentru antrenare du-te-vino pe verticală compus din motorul electric de joasă tensiune **10**, un reductor de turație, un disc excentric **11** și un cablu metalic torsadat **12** care trece peste un sistem de scripeți **13** și intra în bioreactorul **2** printr-o închidere hidraulică **14**;

-un dispersor spiral, **15**, plasat la baza biofotoreactorului **1**, imediat deasupra zonei sale tronconice, cu duze pentru barbotarea aerului impurificat, racordat în exterior printr-un stut **16**, în zona tronconică, la mică distanță de peretele biofotoreactorului, fiind montat un con colector, **18**, racordat în exterior, printr-o vană cu clapă tip fluture **19**, la un sistem pentru golire și preluarea biomasei, atât biofotoreactorul **1**, cât și bioreactorul **2** sunt prevăzute cu sisteme pentru termostatare, toate componentele instalației care vin în contact cu mediul lichid fiind realizate din oțel inoxidabil- sortul ASTM 316L, iar toate elementele pentru etanșeizare fiind realizate din teflon și respectiv cauciuc siliconic rezistent la temperaturi de până la 150 °C;

-o instalație anexă de curățare curență, sanitarizare periodică și sterilizare la startarea instalației.

2. Procedeu pentru tratarea prin biofotodegradare a aerului impurificat cu compuși volatili ai carbonului, utilizând instalația descrisă în revendicarea 1, care include o etapă preliminară de curățare și sterilizare a instalației, **caracterizat prin aceea că**, recurge la un consorțiu de microalge și bacterii încapsulate în propriul biofilm pentru preluarea, metabolizarea și fixarea ca biomasă a unor compuși volatili ai carbonului din aerul impurificat (alcooli, esteri, cetone, aldehide, bioxid de carbon) unde caracteristicile biotehnologice ale consorțiului de microorganisme sunt controlate prin



complementaritatea metabolismului speciilor și prin modul de co-cultivare al microorganismelor implicate, asigurând consumul bioxidului de carbon generat intern prin metabolismul foto- și respectiv chemo-autotrof al speciilor consorțiului de microorganisme și se derulează în șase etape succesive, ciclic repetate, după cum urmează:

- (i) cultivarea consorțiului de microorganisme în bioreactor 2 recurgând la un inocul concentrat, anterior preparat aplicând protocoale biotehnologice din clasa celor din amonte (*up-stream*), însămânțat pe mediu de cultură apt co-cultivării microorganismelor;
- (ii) amorsarea instalației prin generarea biofilmului pe suprafața inelelor Bialecki 6 pretratate pentru a promova adeziune, formarea și stabilitatea biofilmului;
- (iii) alimentarea biofotoreactorului cu mediu de cultură introdus într-o fracție din înălțimea utilă a utilajului, prin transferul în biofotoreactorul 1 a mediului de cultură preparat în bioreactorul 2 și imersarea sacului 7 cu stiva de inele Bialecki 6 acoperite de biofilm în mediu de cultură;
- (iv) consolidarea consorțiului de microorganisme în biofotoreactor;
- (v) derularea proceselor de depoluare a aerului barbotat în biofotoreactor, prin iluminarea stivei alimentând cordonul cu LED-uri 9 și alimentarea aerului impurificat în biofotoreactorul 1, cu un debit reglat la jumătate din limita debitului care determină desprinderea biofilmului de pe suprafețele inelelor Bialecki;
- (vi) stoparea alimentării aerului impurificat și decolmatarea dinamică a biofilmului de pe suprafețele inelelor Bialecki, prin îndepărtarea excesului de biomasă, operație realizată sub efectul deplasării / vibrării stivei de inele Bialecki, în mediul de cultivare, cu amplitudini variabile, cuprinse între 50 și 150 mm, la frecvențe reglabile între 10 și 60 cicluri per minut;
- (vii) colectarea, decantarea și evacuarea excesului de biomasă deșus în conul colector 18 al biofotoreactorului 1;
- (viii) sanitarizarea instalației, în ansamblul său;
- (ix) reluarea ciclului etapelor de operare .



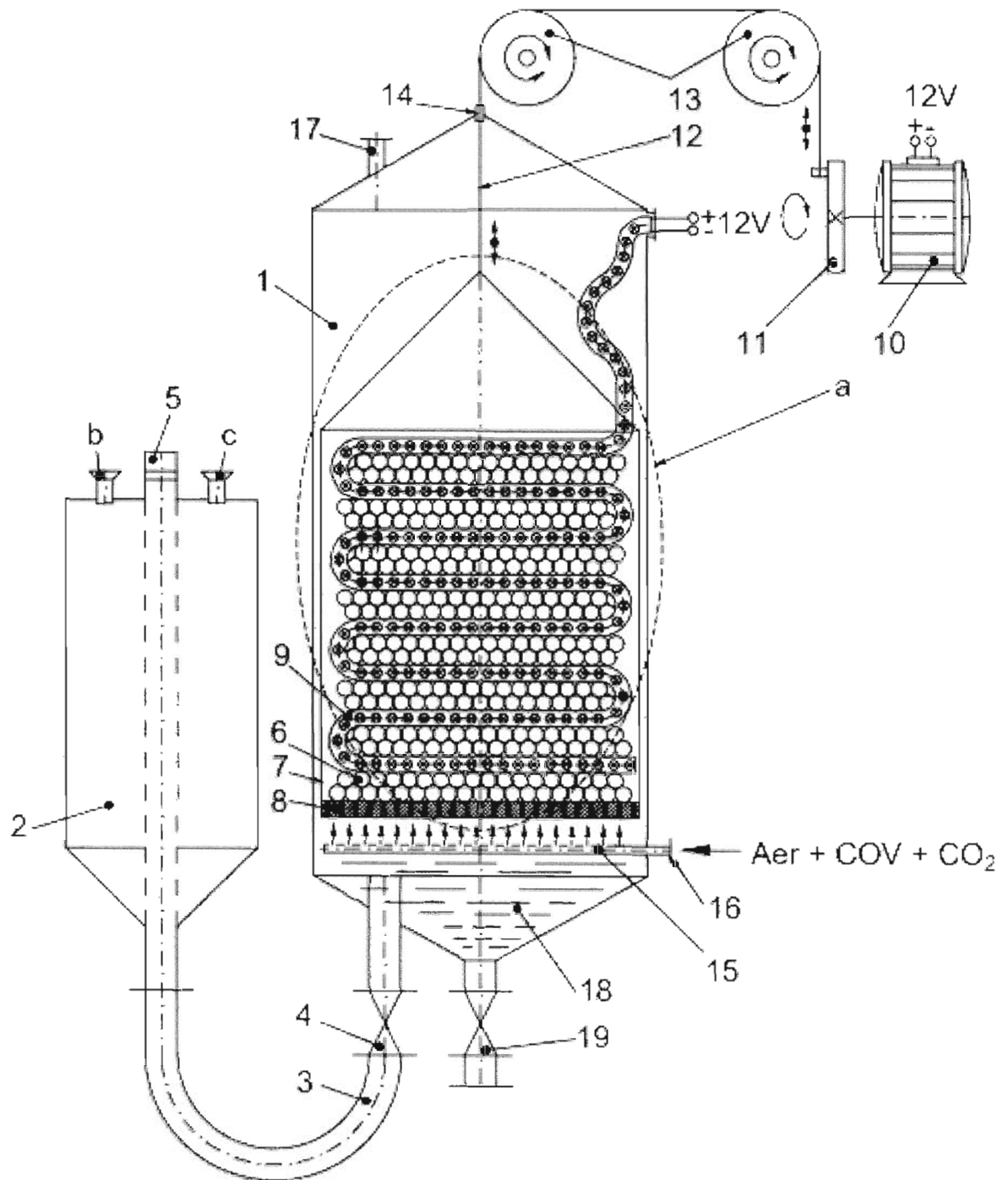


Figura 1.



[Handwritten signature]