

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00739

(22) Data de depozit: 17/11/2022

(41) Data publicării cererii:
30/05/2024 BOPI nr. 5/2024

(71) Solicitant:

• UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN
TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• BEESPEED AUTOMATIZĂRI S.R.L.,
MODUL 3-INCONTRO 07. DN 59 KM
8+550M STANGA SAD 3, CHISODA, TM,
RO;
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
ELECTROCHIMIE ȘI MATERIE
CONDENSATĂ - INCEMC TIMIȘOARA,
STR. DR.AUREL PĂUNESCU PODEANU
NR.144, TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:

• MANEA FLORICA, STR.LUȚĂ IOVIȚĂ,
NR.12, TIMIȘOARA, TM, RO;

• TUDORAN CONSTANTIN-ADRIAN,
STR.JOHANN SEBASTIAN BACH, NR.5A,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• VITAN LIVIU- DĂNUȚ, NR.108,
SAT MERISOR, COMUNA BANITA, HD, RO;
• ORHA CORINA, BULEVARDUL
CONSTANTIN BRÂNCOVEANU, NR.52 A,
SC.A, AP.13, ET.4, TIMIȘOARA, TM, RO;
• BACIU ANAMARIA, STR.
TRANDAFIRILOR, NR.28A, SC.B, AP.22,
SAT GIROC, COMUNA GIROC, TM, RO;
• BANDAS CORNELIA ELENA,
BD.CONSTANTIN BRÂNCOVEANU,
NR.52A, AP.13, TIMIȘOARA, TM, RO;
• IGHIAN LACRIMA- CRYSTY,
STR.FERVENTIA, NR.36, SAT
DUMBRĂVIȚA, COMUNA DUMBRĂVIȚA,
TM, RO

(54) INSTALAȚIE ȘI PROCEDEU DE FILTRARE ELECTROCHIMICĂ 3D PENTRU TRATAREA AVANSATĂ A APEI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o instalație și un procedeu de filtrare electrochimică 3D pentru tratarea avansată a apei. Instalația, conform invenției, este alcătuită dintr-un reactor electrolitic (1) echipat la bază cu un catod (7) din oțel inoxidabil, un electrod particulat (8) constituit din trei straturi filtrante (9, 10, 11) din nisip manganizat, zeolit și cărbune activ granular, iar la partea superioară cu un anod poros (12) din $Ti/SnO_2-Sb_2O_4-La$, între anod și catod fiind aplicat un câmp electric prin intermediul unei surse de curent continuu (13), reactorul având un capac inferior (4) prevăzut cu un orificiu (5) pentru alimentare cu apă brută și un orificiu (6) pentru alimentare cu aer, precum și un capac superior (2) cu un orificiu (3) pentru evacuarea apei tratate. Procedeu, conform invenției, în care sunt utilizate instalația de filtrare, vane pentru separarea elementelor și a etapelor de proces, pompe cu turație variabilă, o suflantă sau un compresor de aer și un debitmetru, cuprinde tratarea apei brute, recircularea apei și spălarea instalației.

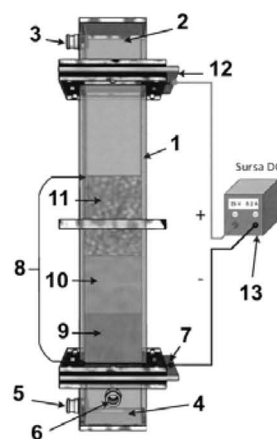


Fig. 1

Revendicări: 2
Figuri: 4

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. <u>9 2022 0739</u>
Data depozit <u>17-11-2022</u>

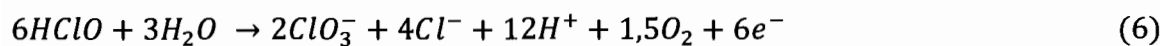
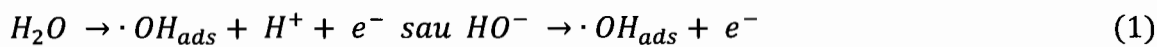
INSTALAȚIE SI PROCEDEU DE FILTRARE ELECTROCHIMICĂ 3D PENTRU TRATAREA AVANSATĂ A APEI

Invenția se referă la elaborarea unui procedeu de tratare avansată a apei, care să asigure și îndepărtarea citostaticelor pe lângă încărcarea organică naturală și speciile cu azot bazat pe o instalație de filtrare electrochimică 3D care constă într-un filtru multi strat (nisip manganizat, zeolit natural și cărbune activ) cu rol de electrod particulat care are la partea inferioară un catod de oțel inoxidabil și la partea superioară un anod cu dimensiuni stabile (Ti/SnO₂-Sb₂O₄-La) care se conectează la o sursă de curent. Acest sistem poate fi utilizat pentru tratarea avansată a apei în scop potabil, epurarea avansată a efluenților industriali și reziduali și pentru epurarea avansată a apelor uzate municipale.

Se cunoaște aplicarea sistemului de filtrare electrochimică 3D pentru epurarea apei reziduale caracterizată prin încărcare organică mare, caracterizat prin structuri diferite ale reactorului electrochimic, materiale de anod și catod variate (grafit, Pt, anodi cu dimensiuni stabile, anod de diamant dopat cu bor, catod de oțel inoxidabil, metal), diferite materiale pentru electrodul particulat (cărbune activ granular, cenușă, bentonită, oxizi de mangan, zinc, fibra de cărbune activ) [Li, H.; Yang, H.; Cheng, J.; Hu, C.; Yang, Z.; Wu, C. Three-dimensional particle electrode system treatment of organic wastewater: A general review based on patents, Journal of Cleaner Production 308 (2021) 127324. DOI:10.1016/j.jclepro.2021.127324].

Sistemul de filtrare electrochimică 3D se consideră o îmbunătățire a sistemului electrochimic clasic 2D care cuprinde o extensie a anodului prin integrarea unui electrod particulat. Acest electrod particulat are rolul de a concentra prin adsorbție poluantul care se degradează la suprafață prin aplicarea câmpului electric sau de a exercita un efect catalitic de degradare a poluantului. Materialul de anod este un factor cheie în eficiența sistemului de filtrare electrochimică similar cu procesul convențional de electrooxidare prin mecanismul de oxidare directă sau indirectă, conversie parțială sau degradare totală [Comninellis, C. Electrocatalysis in the electrochemical conversion/combustion of organic pollutants for waste water treatment, Electrochimica Acta 39 (1994) 1857-1862. [https://doi.org/10.1016/0013-4686\(94\)85175-1](https://doi.org/10.1016/0013-4686(94)85175-1);

Yoshida, K., Yoshida, S., Seki, Y., et al. Basic study of electrochemical treatment of ammonium nitrogen containing wastewater using boron-doped diamond anode. *Environmental Research* 65 (2007) 71–73], oxidare heterogenă sau omogenă [Panizza, M., and Cerisola, G.. Direct and mediated anodic oxidation of organic pollutants. *Chemical Review* 109 (2009) 6541–6569. <https://doi.org/10.1021/cr9001319>], care presupune generarea radicalului $\cdot\text{OH}$, conform reacției (1). Funcție de compoziția apei, reacții de oxidare anodică diferite pot decurge în acord cu reacțiile (2)-(13). Prezența clorurii generează Cl_2 și derivați ai acestuia (hipoclorit, clorit și clorat) în acord cu reacțiile (5)-(10). De asemenea, oxidanți puternici de persulfat, perfosfat și percarbonat sunt generați în prezența anionilor de sulfat, fosfat și carbonat conform reacțiilor (11)-(13):



Se cunoaște aplicarea procesului de filtrare electrochimică cu anod de Pt și electrod particulat de cenușă zburătoare caracterizat prin impedanță mică în îndepărtarea încărcării organice din ape reziduale [Li, J.F., Teng, X.L., Wang, Z.Y., Xu, Y., Yang, J., Yang, Y.L., Tao, J.H., Ma, C.X., Song, D. B., Li, K.J., Zhang, J.P., Chen, P., Song, B., 2019. Method for Removing Organic Pollutants from Water through Combined Effect of Coal Ash Particle Electrodes of Different Densities and Electric Field. CN201910359182.4.]. Dezavantajele metodei

prezentate constau în prețul ridicat al electrodului de Pt și faptul că sistemul nu a fost testat pentru alte tipuri de poluanți din apă.

Se cunoaște aplicarea procesului de filtrare electrochimică 3D care utilizează ca anod placă de carbon și cărbune activ ca electrod particulat pentru îndepărtarea încărcării organice din apă [Rao, N.N., Tapas, N., 2018. Carbon Bed Electrolyser for Treatment of Liquid Effluents and a Process Thereof. US9890063]. Dezavantajele metodei constau în degradarea electrodului de carbon în special prin exfoliere, saturarea electrodului particulat care impune înlocuirea acestuia implicând consum suplimentar de materiale, generare de deșeuri și consum ridicat de energie.

Se cunosc aplicații ale proceselor de filtrare electrochimică care utilizează anodi cu dimensiuni stabile ($\text{Ti}/(\text{TiO}_2/\text{TaO}_2/\text{IrO}_2)$ și $\text{Ti}/\text{SnO}_2+\text{Sb}_2\text{O}_4$) cu cărbune-ceramică și $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2+\text{Sb}_2\text{O}_4$ ca electrozi particulați [Li, W.Q., Meng, Y., Liu, Y.M., 2019. Carbon Ceramic Shell-Core Three-Dimensional Particle Electrode and Preparation Method Thereof. CN109626514A; Chen, J.M., Wang, J.D., Liu, C.L., Dai, Q.Z., Hua, R.Q., 2011. Expanded Bed Electrolysis Unit and Processing Technique Using Same for Decomposing Water Phase Organic Matters. CN101544415B] în îndepărtarea încărcării organice din apă. Dezavantajele acestor metode constau în riscul producerii de scurt-circuit pentru electrod particulat cu conductivitate ridicată sau colmatarea electrodului particulat de cărbune activ care implică consum suplimentar de materiale și generare de deșeuri. Un alt dezavantaj îl reprezintă posibilitatea degradării incomplete a încărcării organice care dezvoltă apariția unor subprodusi de reacție cu efect toxic și cancerigen ridicat.

Prima problemă pe care o rezolvă invenția constă în elaborarea unui produs, instalație de filtrare electrochimică 3D care conține un reactor electrochimic cu anod poros de $\text{Ti}/\text{SnO}_2-\text{Sb}_2\text{O}_4-\text{La}$, catod de oțel inoxidabil și electrod particulat constituit din trei straturi filtrante (nisip manganizat, zeolit și cărbune activ), pentru tratarea avansată a apei cu conținut de citostatice, încărcare organică naturală, amoniu și microorganisme.

Cea de-a doua problemă pe care o rezolvă invenția constă în elaborarea unui procedeu de tratare avansată a apei cu conținut de citostatice, încărcare organică naturală (acizi humici), amoniu și microorganisme, care să prezinte performanță tehnico-economică ridicată, și care constă în etape de realizare a contactului dintre electrodul particulat și anodul în prezența apei contaminate utilizând instalația de filtrare electrochimică 3D care conține anod poros de $\text{Ti/SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_4\text{-La}$, catod de oțel inoxidabil și electrod particulat constituit din trei straturi filtrante (nisip manganizat, zeolit și carbune activ), prin aplicarea unui câmp electric în condiții galvanostatice (curent constant).

Cu privire la elaborarea instalației de filtrare electrochimică 3D, anodul și electrodul particulat reprezintă factorii decisivi care determină eficiența tehnico-economică a instalației. Anodul poros de $\text{Ti/SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_4\text{-La}$ se obține prin metoda spin-coating utilizând gel de $\text{SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_4\text{-La}$ depus pe substrat de Ti corodat controlat în mediu acid, în particular acid oxalic. Gelul de $\text{SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_4\text{-La}$ s-a obținut prin metoda sol-gel utilizând ca precursori SnCl_2 , SbCl_3 și LaCl_3 în raport molar de 1:0,1:0,015 și s-a maturat timp de 12 ore la temperatura de 60 °C, care s-a depus în 12 straturi, fiecare strat fiind calcinat la temperatura de 500 °C timp de 30 minute, pe substratul de Ti corodat controlat. Electrocul particulat constă din trei straturi filtrante de particule așezate în reactor funcție de greutatea specifică și proprietățile conductive. La baza inferioară a reactorului se așează stratul filtrant de nisip manganizat urmat de zeolit, care face parte din categoria particulelor cu greutate specifică mare și proprietăți conductive cu impedanță mare iar stratul superior este carbune activ granular caracterizat prin greutate specifică mică și proprietăți conductive cu impedanță mică. Pentru a evita producerea de scurt-circuit se lasă un spațiu liber între electrocul particulat, anod și catod, care să permită fluidizarea straturilor filtrante fără un contact direct între anod, catod și electrocul particulat. Anodul poros de $\text{Ti/SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_4\text{-La}$ are eficiență electrocatalitică foarte ridicată și capacitate ridicată de a produce radicali $\cdot\text{OH}$, iar porozitatea îi conferă și lui însuși geometrie tridimensională (3D) îmbunătățindu-i suprafața de contact și transferul de masă a poluantului la interfața electrod-soluție cu efect direct în îmbunătățirea performanței de electrooxidare avansată până la mineralizarea poluantului evitând generarea subprodusilor de reacție.

Electrodul particulat constituit din material filtrant multi-strat, în particular nisip manganizat și zeolit natural cu conținut de oxizi de fier caracterizate prin activitate catalitică și impedanță mare și cărbune activ cu proprietăți adsorbante puternice și impedanță redusă asigură atât o suprafață de contact mare și grad de adsorbție ridicat al poluantului prin particulele de cărbune activ dar și funcționarea ca microcelule de electroliză, adică extensia anodului poros îmbunătățind suprafața de reacție electrochimică, prin intermediul particulelor de nisip manganizat și zeolit natural.

Catodul poate fi orice electrod potrivit cunoscut, în particular se utilizează catodul de oțel inoxidabil.

Instalația și procedeul de filtrare electrochimică 3D pentru tratarea avansată a apei cu conținut de citostatice, încărcare organică naturală, amoniu și microorganisme conform invenției conține un reactor electrochimic cu anod poros de $Ti/SnO_2-Sb_2O_4-La$, catod de oțel inoxidabil și electrod particulat constituit din trei straturi filtrante (nisip manganizat, zeolit și carbune activ), care permite realizarea contactului dintre electrodul particulat și anodul în prezența apei contaminate determinând decontaminarea apei prin aplicarea unui câmp electric în condiții galvanostatice (curent constant).

Instalația și procedeul de filtrare electrochimică 3D pentru tratarea avansată a apei cu conținut de citostatice, încărcare organică naturală, amoniu și microorganisme conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- caracteristici tehnico-economice foarte ridicate (grad de eliminare a contaminanților ridicat, grad de mineralizare a contaminanților organici ridicat, consum energetic redus);
- costuri reduse ale materialelor utilizate pentru electrodul particulat;
- durată mare de utilizare a anodului poros de $Ti/SnO_2-Sb_2O_4-La$ (cel puțin 1 an);
- posibilitate de regenerare in-situ a electrodului particulat

Se dă un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile care reprezintă :

Fig. 1, care reprezintă Schema simplificată a instalației de filtrare electrochimică 3D ;

Fig. 2, care reprezintă Schema fluxului tehnologic care utilizează instalația de filtrare electrochimică 3D ;

Fig. 3, care reprezintă Serie de grade de eliminare a citostaticelor doxorubicină (DOX) și capecitabină (CCB) și a acidului humic (AH) din apă obținute prin aplicarea fluxului tehnologic prezentat în Fig.2. Conditii de operare: electrod Ti/SnO₂-Sb₂O₄-La, electrolit suport: 0,1M Na₂SO₄ și 0,05M NaCl. Procedeu: filtrare simplă (FS) și filtrare electrochimică (FE) cu electrod particulat/material filtrant multi-strat NM/Ze/CA, C_{i,AH} = 10 mg/L, C_{i,CCB} = 5mg/L, C_{i,DOX} = 5mg/L, C_{i,NH₄⁺} = 1,5 mg/L, Q= 6,00 L/h, 43,3 A/m².

Fig. 4, care reprezintă Evoluția speciilor cu N (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) în apa trecută prin fluxul tehnologic prezentat în Fig.2. Conditii de operare: electrod Ti/SnO₂-Sb₂O₄-La, electrolit suport: 0,1M Na₂SO₄ și 0,05M NaCl. Procedeu: filtrare simplă (FS) și filtrare electrochimică (FE) cu electrod particulat/material filtrant multi-strat NM/Ze/CA, C_{i,AH} = 10 mg/L, C_{i,CCB} = 5mg/L, C_{i,DOX} = 5mg/L, C_{i,NH₄⁺} = 1,5 mg/L, Q= 6,00 L/h, 43,3 A/m².

Instalația de filtrare electrochimică 3D pentru tratarea avansată a apei prezentată în Figura 1 care constă din reactorul electrolitic **1** realizat din material acrilic de 4 mm grosime, cu două capace, un capac superior **2** cu un orificiu **3** pentru evacuarea apei tratate și un capac inferior **4** prevăzut cu două orificii, din care orificiul lateral stânga **5** este utilizat pentru alimentarea cu apă brută, iar orificiul frontal **6** este destinat pentru alimentarea cu aer a reactorului în regim de funcționare continuă. Reactorul este echipat la bază cu catod de oțel inoxidabil **7**, electrodul particulat **8** constituit din trei straturi filtrante: nisip manganizat **9**, zeolit **10** și cărbune activ granular **11** iar la partea superioară este atașat anodul poros **12**, de Ti/SnO₂-Sb₂O₄-La. Între anod și catod se aplică un câmp electric prin intermediul sursei de curent continuu **13**. Îmbinarea elementelor prezentate anterior se realizează cu șuruburi zincate, armături de repartizare a forțelor de strângere și garnituri de etanșare.

Procedeu care utilizează instalația prezentată în Figura 1 constă în fluxul tehnologic prezentat în Figura 2, care conține două bazine pentru stocarea/colectarea apei brute/tratate (**B1**, **B2**), instalația de filtrare electrochimică 3D (**IFE 3D**), vane pentru separarea elementelor și a etapelor de proces (**V1-V14**), 2 pompe cu turația variabilă (**P1**, **P2**), o suflantă/compresor aer electric (**S1**) și un debitmetru (**D1**) utilizat pentru bucla de control a turației pentru pompa P1.

Procesul tehnologic cuprinde 3 etape:

Etapa 1 – Tratarea apei brute. Se alimentează cu apă brută bazinul **B1** utilizând vana **V13** sau direct prin îndepărtarea capacului superior. Se setează vanele **V1, V5** pe poziția deschis iar celelalte pe poziția închis. Se pompează apa în instalația de filtrare electrochimică 3D utilizând pompa **P1**. Debitul de filtrare se reglează controlând turația pompei **P1** în buclă închisă utilizând ca și reacție valoarea furnizată de debitmetrul **D1**. Apa tratată este acumulată în bazinul de apă **B2**. În funcție de procesul de tratare dorit se poate introduce aer în reactor configurând vana **V11** pe poziția deschis și utilizând compresorul de aer. Pentru a evita inundarea compresorului de aer, se va da comanda de start a acestuia înainte de setarea vanei **V11** pe poziția deschis.

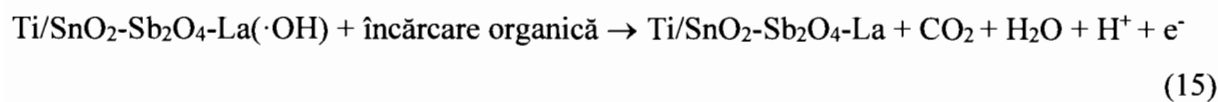
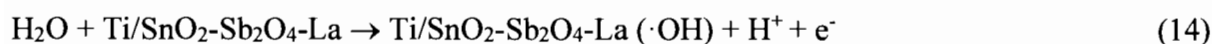
Etapa 2 – Repetarea etapei de tratare (recircularea apei). Apa tratată în urma primei etape, poate fi supusă unui nou ciclu de tratare utilizând linia de transfer a apei tratate din bazinul **B2** în bazinul **B1**. Pentru această etapă se configurează vanele **V12** și **V14** pe poziția deschis, iar celelalte pe poziția închis. Transferul apei se realizează utilizând pompa **P2** care funcționează la debit constant. Se poate funcționa în flux continuu de tratare combinând cele două etape și controlând ambele pompe cu aceeași referință de debit.

Etapa 3 – Spălare instalație de filtrare electrochimică 3D. Procesul de spălare a instalației de filtrare electrochimică 3D se realizează în trei faze: Faza 1 - Barbotare cu aer; Faza 2 - Barbotare aer-apă cu/fără aplicarea câmpului electric; Faza 3 - Limpezire cu apă filtrată. Înainte de începerea procesului de spălare, se alimentează cu apă distilată bazinul **B1** și se va repeta etapa 1, fără aplicare câmpului electric între anodul și catodul instalației de filtrare electrochimică 3D, până la eliminarea apei brute din instalația de filtrare electrochimică 3D. Se configurează sistemul pentru faza 1, în care vanele **V6, V11** și **V15** sunt pe poziția deschis iar celelalte pe poziția închis. Se introduce aer în reactorul 3D, utilizând compresorul de aer, pentru o perioadă de timp necesară desprinderii depunerilor de pe electrodul particulat. După finalizarea fazei 1 se configurează sistemul pentru faza 2, în care vanele **V1, V2, V4, V6, V9, V11** și **V15** sunt pe poziția deschis. Se introduc în același timp aer și apă în instalația de filtrare electrochimică 3D. Debitul de aer, respectiv apă, se corelează astfel încât să asigure un regim staționar pentru electrodul particulat, acesta să nu fie antrenat spre evacuare. În funcție de gradul de colmatare al instalației de filtrare electrochimică 3D, această fază poate fi exclusă din procesul de spălare și se poate realiza direct după prima fază limpezirea instalației de filtrare

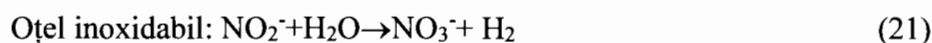
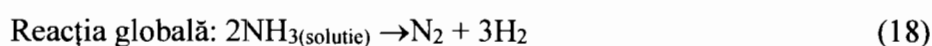
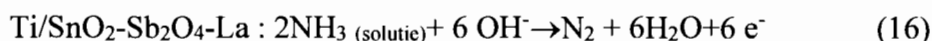
electrochimică 3D (Faza 3). Se configurează vanele **V1**, **V2**, **V4**, **V6**, **V9** și **V15** pe poziția deschis. Se introduce apă filtrată în instalației de filtrare electrochimică 3D, utilizând pompa **P1** cu un debit reglat pentru a nu antrena electrodul particulat spre evacuare. Perioadele de funcționare pentru fiecare fază se setează în funcție de gradul de colmatare a instalației de filtrare electrochimică 3D.

Apa cu nămol, rezultată în urma procesului de spălare poate fi colectată în bazinul **B2** prin deschiderea vanei **V10** respectiv închiderea vanei **V15**.

Eliminarea poluanților/impurităților dizolvate în apă se bazează pe capacitatea de reținere a electrodului particulat-materialului filtrant constituit din nisip manganizat, zeolit natural și cărbune activ care prezintă selectivitate pentru anumite impurități dizolvate în condiții de operare fără aplicare câmp electric. Prin aplicarea câmpului electric, anodul poros de Ti/SnO₂-Sb₂O₄-La generează radicali ·OH care se adsorb la suprafața electrodului și care atacă încărcarea organică, în particular citostaticile și acizii humici degradându-le până la mineralizarea acestora conform reacțiilor (14) și (15):



Contaminanți ai apei de tipul compușilor cu azot, în particular amoniul sau/și nitritul sunt îndepărtați din apă împreună cu încărcarea organică pe baza reacțiilor (16)-(21) :



De asemenea, procesele de oxidare care decurg în condiții de aplicare a câmpului electric permit distrugerea contaminanților și implicit, curățirea electrodului particulat/materialului filtrant multi-strat. Instalația și procedeul pot și utilizate în două moduri, funcție de caracteristicile apei:

- pentru o apă slab încărcată cu contaminanți care pot fi reținuți/degradați pe materialul filtrant, câmpul electric nu este aplicat pe durata funcționării sistemului ci doar în etapa de spălare/regenerare a acestuia;

- pentru o apă puternic încărcată cu contaminanți care pot sau nu pot fi reținuți/degradați pe materialul filtrant, instalația funcționează cu sursa de curent pornită asigurând decontaminarea apei și o curățire in-situ în timpul funcționării a electrodului particulat.

Figura 3 prezintă performanța procedurii de tratare avansată care utilizează instalația de filtrare electrochimică 3 D conform invenției, pentru degradarea și mineralizarea a două citostatice doxorubicină (DOX) și capecitabină (CCB) și a încărcării organice naturale-acid humic (HA) prezenți simultan în apă exprimată ca și grade de reducere (%) a absorbanțelor UV-VIS înregistrate la lungimi de undă specifice fiecărui compus și parametrului global carbon organic total (COT) pentru un debit de apă de 6,00 L/h și densitate de curent aplicată de 43,3 A/m² cu un consum de energie de 2,5 kWh/m³ apă tratată.

În Figura 4 sunt prezentate evoluțiile speciilor cu azot în timpul procesului de filtrare electrochimică 3D prezentate comparativ cu filtrarea simplă (fără aplicarea câmpului electric) a apei cu conținut de amoniu simultan cu prezența citostaticelor și a materiei organice naturale observându-se că se îndepărtează parțial amoniu generându-se nitrat și prin filtrarea simplă datorită oxidării catalitice în prezența nisipului manganizat și a zeolitului, care totuși nu permite aducerea concentrației de amoniu sub limita impusă de Legea apei potabile (0,5 mg/L), în timp ce prin filtrarea electrochimică 3D, amoniu este oxidat complet fără a se mai genera nitrat suplimentar deoarece oxidarea decurge la N₂ și H₂ conform reacției (18).

REVENDICĂRI

1. Instalația de filtrare electrochimică 3D pentru tratarea avansată a apei **caracterizată prin aceea că** este alcătuită dintr-un reactor electrolic (1), realizat din material acrilic de 4 mm grosime cu două capace, un capac superior (2) cu un orificiu (3) pentru evacuarea apei tratate și un capac inferior (4) prevăzut cu două orificii, din care orificiul lateral stânga (5) este utilizat pentru alimentarea cu apă brută, iar orificiul frontal (6) este destinat pentru alimentarea cu aer a reactorului în regim de funcționare continuă și care este echipat la bază cu catod de oțel inoxidabil (7), electrodul particulat (8) constituit din trei straturi filtrante: nisip manganizat (9), zeolit (10) și cărbune activ granular (11) iar la partea superioară este atașat anodul poros de $\text{Ti/SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_4\text{-La}$ (12), între care se aplică un câmp electric prin intermediul sursei de curent continuu (13).
2. Procedeu de filtrare electrochimică 3D pentru tratarea avansată a apei **caracterizat prin aceea că** folosește o instalație de tratare adecvată și cu nivel de performanță corespunzător cerințelor de calitate impuse sau instalația conform invenției ca instalație de filtrare electrochimică 3D în fluxul tehnologic care conține două bazine pentru stocarea/colectarea apei brute/tratate (B1, B2), instalația de filtrare electrochimică 3D (IFE 3D), vane pentru separarea elementelor și a etapelor de proces (V1-V14), 2 pompe cu turația variabilă (P1, P2), o suflantă/compresor aer electric (S1) și un debitmetru (D1) utilizat pentru bucla de control a turației pentru pompa (P1), care se setează pentru a asigura trecerea apei prin instalația (IFE 3D) pentru fiecare etapă care asigură tratarea apei cu sau fără recirculare și pentru etapa de spălare care decurge în trei sau două faze cu sau fără aplicarea câmpului electric funcție de încărcarea cu poluanți a apei.

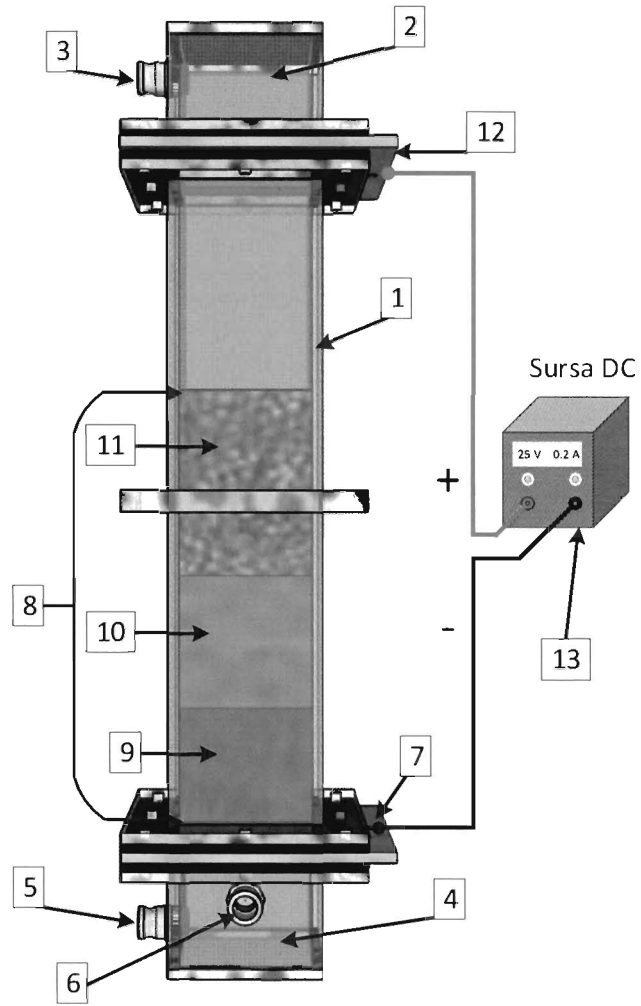


Figura 1.

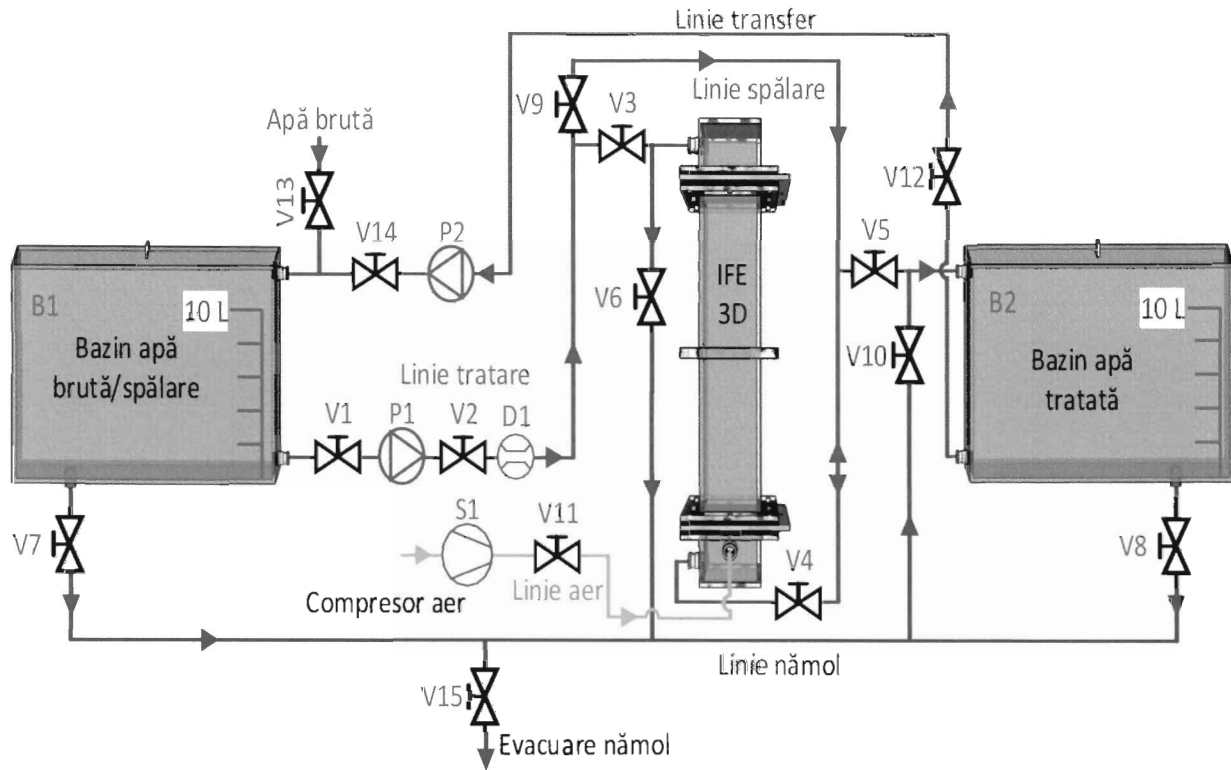
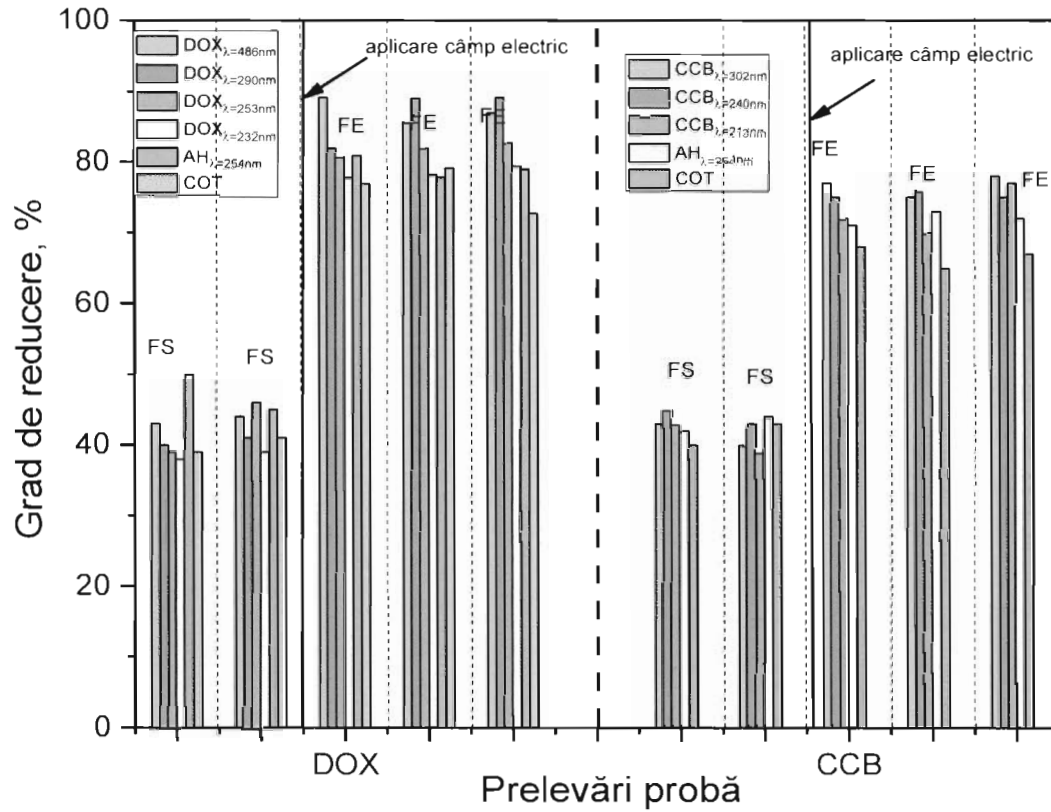


Figura 2.



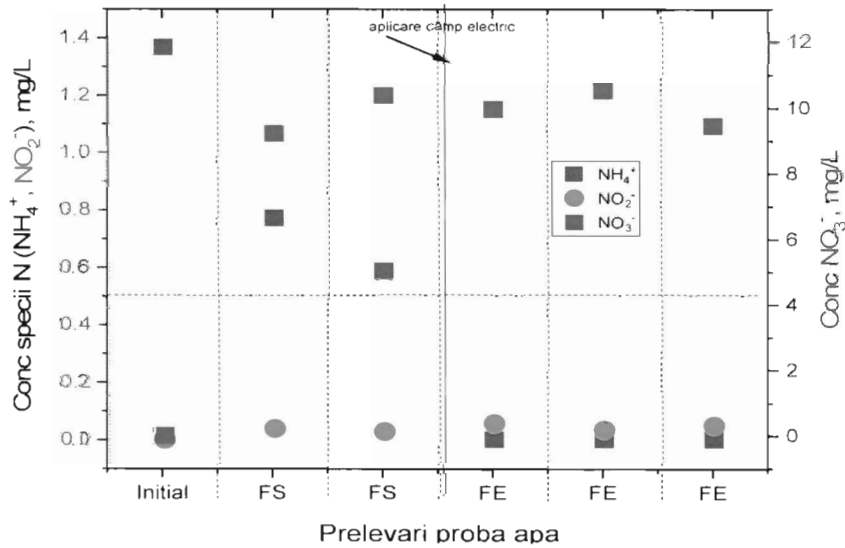
Conditii de operare:

electrod Ti/SnO₂-Sb₂O₄-La, electrolit suport: 0,1M Na₂SO₄ și 0,05M NaCl;

Procedeu:

filtrare simplă (FS) și filtrare electrochimică (FE) cu electrod particulat/material filtrant multi-strat NM/Ze/CA, C_{i,AH} = 10 mg/L, C_{i,CCB} = 5mg/L, C_{i,DOX} = 5mg/L, C_{i,NH4+} = 1,5 mg/L, Q= 6,00 L/h, 43,3 A/m².

Figura 3.



Condiții de operare:

electrod Ti/SnO₂-Sb₂O₄-La, electrolit suport: 0,1M Na₂SO₄ și 0,05M NaCl;

Procedeu:

filtrare simplă (FS) și filtrare electrochimică (FE) cu electrod particulat/material filtrant multi-strat NM/Ze/CA, C_{i,AH} = 10 mg/L, C_{i,CCB} = 5mg/L, C_{i,DOX} = 5mg/L, C_{i,NH4+} = 1,5 mg/L, Q = 6,00 L/h, 43,3 A/m².

Figura 4.