

Invenția se referă la epurarea apelor uzate de compuși organici greu degradabili și poate fi aplicată în agricultură, industriile ușoară și de apărare.

Este cunoscut bioreactorul pentru epurarea apelor uzate, ce include carcasa, umplută cu suport solid pentru fixarea biomasei, niplul de alimentare cu deșeuri și cel de scurgere a apei prelucrate [1]. Însă un asemenea bioreactor nu asigură prelucrarea aerobă a compușilor organici recalcitranți.

Este cunoscut bioreactorul aerobic fotocatalitic combinat de epurare distructivă a apelor uzate de compuși organici greu degradabili, alcătuit din carcasă cu fund conic, nipluri de alimentare și de scurgere a apei prelucrate și a sedimentului, centru de dozare a reagentului și de distrucție fotocatalitică, care conține o sursă de iradiere UV cu reflector, precum și țevă de cuplare verticală pentru transferarea apei prelucrate, și un suport solid cu un strat pentru fixarea biomasei [2]. Un asemenea bioreactor este predestinat proceselor de prelucrare anaerobă a apelor uzate, dar nu asigură o eficiență înaltă de distrucție a compușilor organici deosebit de recalcitranți în condiții aerobe, care necesită o acțiune fotocatalitică intensivă în condiții omogene cu utilizarea, de ex., a reagentului Fenton, și utilizarea concomitentă a fotocatalizatorului eterogen, în special a dioxidului de titan dispersat.

Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în sporirea eficienței procesului de distrucție și conversie fotocatalitică combinată a compușilor organici greu degradabili în apele uzate supuse prelucrării până la structuri moleculare simple și neutralizarea, mineralizarea lor microbiologică în conformitate cu cerințele de protecție a mediului înconjurător.

Reactorul foto-biocatalitic combinat pentru epurarea distructivă a apelor uzate de compuși organici greu degradabili include o carcasă verticală cu un racord de alimentare cu apă, conectat cu o pompă și o capacitate pentru reagent. Carcasa are un fund conic cu un racord de evacuare a sedimentului. În partea superioară a carcasei este instalat un bloc de prelucrare fotocatalitică, care include reactoare tubulare în U. În interiorul fiecărui reactor tubular în U este instalată câte o lampă cu radiație ultravioletă cu reflectoare. Între reactoare sunt amplasate perii cu posibilitatea mișcării lor alternative, care sunt conectate la un mecanism de acționare, ce include un motor electric, excentric, ghidaje și panou ruland. În carcasă este instalată o țevă verticală pentru circulația apei spre fundul carcasei. La mijlocul carcasei este amplasat un suport solid flotant delimitat de plase. Sub suportul solid flotant este instalată o țevă orizontală cu orificii, care comunică cu un filtru. În partea inferioară a carcasei este instalat un bloc de aerare, care include o țevă pentru debitarea aerului îmbogățit cu oxigen și o țevă pentru debitarea aerului, care comunică cu aerolifturi executate sub formă de coloane verticale. Țevile menționate sunt unite cu un ventilator. Țeava de debitare a aerului îmbogățit cu oxigen este unită cu un bloc de oxigenare, care include o capacitate cu magneți și o conductă de evacuare a aerului sărac în oxigen cu o clapetă de reglare. Filtrul este amplasat paralel carcasei și include o capacitate cu fund conic cu un racord de evacuare a sedimentului și un racord de evacuare a apei prelucrate în partea superioară a lui. În interiorul filtrului este amplasată o încărcătură granulată flotantă delimitată de plasă și un bec bactericid orizontal amplasat deasupra încărcăturii. Purtătorul solid pentru fixarea biomasei este executat ca un material de adsorbție micro-macroporos flotant. Încărcătura granulată este executată din polistiren spumant cu diametrul particulelor de 1...2 mm. În calitate de pompă se utilizează o pompă-dozator de tip peristaltic.

Rezultatul invenției constă în:

- posibilitatea utilizării reagentului lichid de tipul reagentului Fenton și/sau al reagentului în stare de suspensie de genul dioxidului de titan dispersat, decurgerea proceselor fotocatalitice și eterogene în condițiile dinamice ale mișcării cu iradierea UV a lichidului prelucrat, care asigură distrucția structurilor deosebit de persistente ale compușilor organici până la fracții cu structuri simple;

- curățirea mecanică a suprafeței interne a reactoarelor tubulare în U de cuarț pentru păstrarea transparenței lor în cazul prelucrării UV a lichidelor deosebit de poluate, realizată prin deplasarea periilor în regim ascendent-descendent și ameliorarea concomitentă a proceselor fotocatalitice ale transferului de masă;

- amplasarea succesivă a reactoarelor tubulare în U de cuarț asigură caracterul compact al aranjării și mărește calea și timpul tratamentului UV al lichidului, ceea ce contribuie la sporirea eficacității transformării fotocatalitice a moleculelor compușilor organici recalcitranți până la un grad acceptabil pentru etapa ulterioară a mineralizării microbiologice complete;

- aerarea reactorului biochimic cu aer îmbogățit cu oxigen datorită acțiunii magnetice asupra lui, fenomen ce contribuie la ameliorarea activității vitale a microorganismelor și, în același timp, la îmbunătățirea proceselor de schimb și transfer de masă;

- utilizarea suportului solid cu proprietăți flotante sub forma unui material adsorbant micro-macroporos flotant pentru fixarea biomasei împiedică spălarea ei din bioreactor și stabilizează procesul microbiologic;

- prezența filtrului cu încărcătură granulată flotantă, care posedă o rezistență hidraulică joasă în fluxul de apă supus prelucrării, o curăță de impuritățile mecanice, iar prelucrarea bactericidă ulterioară a apei asigură securitatea ecologică sporită în cazul evacuării apei epurate în mediul ambiant.

Ca material pentru reactoarele tubulare în U este utilizată sticla de cuarț, transparentă pentru razele UV. Reactoarele pot fi executate constructiv într-un mod liniar sau circular. În calitate de surse de iradiere UV pot fi întrebuințate lămpile de mercur cu arc electric de putere diferită, sau analogice ca tip, cu diapazonul de emisie 180...400 nm. În calitate de microorganisme pot fi utilizate tulpinile aerobe de bacterii g. *Rhodococcus* deosebit de eficiente în distrucția microbială și mineralizarea poluanților organici recalcitranți. Ca suport solid flotant pentru fixarea microorganismelor poate fi întrebuințat polistirenul, perlita micro-macroporoasă înspumată sau talașul, care posedă proprietăți flotante.

În figură este ilustrat aspectul general al reactorului aerobic foto-biocatalitic combinat propus.

Reactorul este alcătuit din carcasa verticală 1 cu un racord 2 de alimentare cu apă, conectat cu o pompă 5, un racord 3 de evacuare a apei prelucrate și o capacitate pentru reagent 4. Carcasa are un fund conic cu un racord de evacuare a sedimentului 6, un motor electric 8, excentric 9, ghidaje 10 și panou rulant 11, reactoare tubulare în U 13, între care sunt amplasate perii 12, lămpi cu radiație UV 14 cu reflectoare 15. În carcasa 1 este instalată o țevă verticală 16 pentru circularea apei spre fundul carcasei. La mijlocul carcasei 1 este amplasat un suport solid flotant 17 delimitat de plase 18. Sub suportul solid flotant 17 este instalată o țevă orizontală 19 cu orificii, care comunică cu un filtru 21, umplut cu încărcătură granulată flotantă 22, delimitată prin plasa 23, și un bec bactericid 24. În partea inferioară a carcasei 1 este instalat un bloc de aerare, care include o țevă pentru debitarea aerului îmbogățit cu oxigen 32 și o țevă 34 pentru debitarea aerului, care comunică cu aerolifturi 36. Țevile menționate sunt unite cu un ventilator 25. Țeava 32 este unită cu un bloc de îmbogățire cu oxigen 27, care include o capacitate cu magneți 28 și o conductă 29 de evacuare a aerului sărac în oxigen cu o clapetă de reglare 30. Filtrul 21 este amplasat paralel carcasei 1 și include o capacitate cu fund conic cu un racord de evacuare a sedimentului 7 și un racord 3 de evacuare a apei prelucrate în partea superioară a lui. În interiorul filtrului este amplasată o încărcătură granulată flotantă 22 delimitată de plasă 23 și un bec bactericid orizontal 24 amplasat deasupra încărcăturii 22.

Reactorul funcționează în felul următor.

Alimentarea cu apă uzată se efectuează prin racordul 2, unde concomitent se introduce din capacitatea pentru reagent 4 cu ajutorul pompei 5 reagentul sub formă lichidă (reagent Fenton) sau de suspensie, sau în amestec, după care apele uzate predestinate prelucrării trec în reactoarele tubulare în U 13 amplasate succesiv. Concomitent sunt incluse lămpile cu radiație ultravioletă 14, precum și motorul electric 8, care efectuează o mișcare de rotație a excentricului 9, datorită căreia panoul rulant 11, centrat cu ajutorul ghidajelor 10, și perile fixate 12 încep să se deplaseze în regim ascendent-descendent, asigurând curățirea și păstrarea transparenței reactoarelor 13 din sticlă de cuarț. Prezența reflectoarelor 15 contribuie la utilizarea mai amplă a energiei luminoase. Numărul de reactoare tubulare în U succesive și viteza de curgere a apei supuse prelucrării sunt selectate în funcție de timpul necesar pentru scindarea fotocatalitică distructivă a legăturilor moleculare complexe ale compușilor organici persistenți pentru prelucrarea lor biochimică și mineralizarea ulterioară.

În cazul utilizării reagentului Fenton în calitate de oxidant, care conține peroxid de hidrogen și ioni de fier, și iradierii concomitente ultraviolete a  $(\text{Fe(III)/Fe(II)H}_2\text{O}_2/\text{UV})$ , în reactor au loc procesele redox-fotocatalizei omogene și reacțiile de disproporționare a moleculelor  $\text{H}_2\text{O}_2$ , cu apariția radicalilor activi  $\cdot\text{OH}$ ,  $\cdot\text{OH}_2$  și  $\cdot\text{O}_2^-$ .

În cazul prezenței în lichidul prelucrat a particulelor pseudolichiefiate fin dispersate ale unor oxizi de metale, precum  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}$ ,  $\text{CuO}$  sau  $\text{ZnO}$ , sub acțiunea iradierii UV au loc procesele fotocatalizei eterogene pe suprafața acestor particule cu formarea gurilor electronice ( $h^+$ ) și a electronilor liberi ( $e^-$ ) conform reacției:  $\text{MeOn} + h\nu \rightarrow e^- + h^+$ . Formarea acestora la fel generează un șir de radicali reactivi, dintre care  $\cdot\text{O}_2^-$ , care se formează după reacția:  $e^- + \text{O}_2 \rightarrow \cdot\text{O}_2^-$ , precum și  $\cdot\text{OH}$ , conform reacției  $\text{Meon}(h^+) + \text{H}_2\text{O}_{\text{ads.}} \rightarrow \text{Meon} + \cdot\text{OH}_{\text{ads.}} + \text{H}^+$ , unde Me - metale polivalente. Totodată, în aceste condiții este posibilă și formarea unor radicali intermediari, ca  $\text{TiOH}_2^+$  și  $\text{TiO}_2\text{H}^+$ , cu o reactivitate sporită.

Radicalii reactivi formați sub acțiunea iradierii UV posedă valori înalte ale energiei negative libere, din care cauză manifestă termodinamic proprietăți reactive oxidante înalte în raport cu substanțele organice, oxidând moleculele organice compuse până la substanțe simple după mecanismul de scindare a atomului de hidrogen, cu formarea moleculei de apă conform reacției generale:  $\text{RH} + \cdot\text{OH} \rightarrow \text{R} + \text{H}_2\text{O}$ , sau altor tipuri de reacții.

După finisarea ciclului fotocatalitic distructiv, apa prelucrată curge prin țeava de cuplare 16 în compartimentul microbiologic al reactorului, umplându-l. Totodată particulele disperse ale suportului solid flotant 17, pe care sunt fixate microorganismele, se ridică până la nivelul plasei 18, care previne spălarea lor din zona reacțiilor biochimice, asigurând stabilizarea proceselor microbiologice distructive.

Apoi este inclus ventilatorul 25 și o parte a curentului de aer, fiind reglată de supapa 35, prin țeava 34 ajunge la sistemul de aerolifturi 36, fapt care asigură mișcarea continuă de jos în sus a apei uzate supuse prelucrării, îmbunătățește schimbul și transferul de masă, iar îmbogățirea cu oxigen a apei circulante favorizează bunul mers al proceselor microbiologice.

Concomitent, este deschisă supapa 31 și o parte a aerului de la ventilatorul 25 trece în blocul de îmbogățire cu oxigen 27, care include o capacitate cu magneți 28. Deoarece oxigenul din aer este singurul component magnetic susceptibil, el este atras din fluxul de aer spre pereții interni ai blocului de îmbogățire cu oxigen 27 și forțat să se deplaseze de-a lungul lor, apoi ajunge sub formă îmbogățită cu oxigen în țeava pentru debitarea aerului îmbogățit cu oxigen 32 și în sistemul de aerare 33. În același timp aerul slab oxigenat, selectat din mijlocul fluxului de aer, ajunge la o conductă 29 și prin intermediul clapetei de reglare 30 este îndreptat afară.

Datorită acestui fapt conținutul de oxigen în aerul ce alimentează procesul microbiologic de distrucție sporește cu 3...5% față de cel standard, fapt care favorizează dezvoltarea microorganismelor aerobe. Un factor intensificator în cazul proceselor microbiologice de epurare a apelor uzate constituie nu numai sporirea cantității de oxigen în aerul de aerisire, dar și magnetizarea lui. În aceste condiții, sub influența microorganismelor moleculele organice sunt supuse distrucției ulterioare până la molecule netoxice și mineralizării complete.

Prezența suportului solid flotant 17 în volumul reactorului condiționează fixarea și dezvoltarea accelerată a microorganismelor, preîntâmpină spălarea lor din reactor datorită plasei limitatoare 18, fapt care sporește eficiența proceselor microbiologice de epurare a apelor uzate. Particulele disperse ale dioxidului de titan sau altor elemente, introduse inițial cu funcția de fotocatalizator eterogen, după nimerirea lor în volumul reactorului microbiologic de

asemenea servesc ca suport pentru imobilizarea microorganismelor, formând floccule pseudolichefiate în condiții de aerare a lichidului supus prelucrării, fenomen care ameliorează procesele biochimice ale transferului de masă.

În funcție de natura și concentrația poluanților organici din lichidul prelucrat, timpul prelucrării microbiologice poate constitui ore sau zile, stabilite experimental, după care este deschisă supapa externă 20, și lichidul prelucrat curge prin țeava orizontală 19 în filtrul 21, umplând volumul lui, din care cauză încărcătura granulată flotantă 22 se ridică la suprafață și se condensează datorită prezenței plasei 23. Un asemenea filtru posedă o rezistență joasă și proprietăți filtrabile bune, asigurând filtrarea eficientă a apei prelucrate de impuritățile mecanice din apă. Prezența becului bactericid orizontal 24 asigură dezinfectarea suplimentară a apei, care apoi sub formă purificată poate fi evacuată în sistemul de canalizare prin racordul de scurgere 3. Pe măsura acumulării sedimentului în partea conică a carcasei 1 a reactorului, dar și a filtrului 21, acesta poate fi evacuat periodic prin racordurile de evacuare a sedimentului 6 și 7.

Astfel, utilizarea reactorului fotocatalitic și microbiologic combinat propus sporește eficiența procesului de distrucție a compușilor organici greu degradabili din apele uzate până la structuri moleculare simple și mineralizarea lor microbiologică în conformitate cu cerințele organelor sanitare de control, asigurând protecția mediului înconjurător de poluanții antropici greu degradabili din apele uzate.