

Invenția se referă la epurarea apelor reziduale, și anume la o instalație pentru prelucrarea anaerobă a borhotului de la vinificație, care se formează în urma distilării și conține compuși organici stabili.

Este cunoscut metan-tancul anaerob, care constă din corp, umplut cu un purtător rigid pentru fixarea biomasei, racorduri pentru admisia și evacuarea stocului prelucrat, precum și racord pentru evacuarea biogazului [1].

Acest metan-tanc însă nu asigură prelucrarea anaerobă insuficientă a compușilor polifenolici și organici greu degradabili din componența borhotului de la vinificație.

Cea mai apropiată soluție este bioreactorul anaerob, care constă din corp, racorduri pentru admisia deșeurilor și pentru evacuarea stocului prelucrat, încărcătură rigidă cu strat de fixare a biomasei și strat de granulare a biomasei, precum și racord pentru evacuarea biogazului [2].

Acest bioreactor anaerob asigură distribuirea lichidului introdus și concomitent preîntâmpină spălarea biomasei active. Totodată, acest el nu permite denocivizarea și epurarea substanțelor organice suspendate și compușii polifenolici greu degradabili din compoziția borhotului de la vinificație, care necesită o dispersare și descompunere hidrolizată preliminară a structurii moleculare a compușilor chimici stabili înainte de admisia în bioreactor în scopul majorării gradului de conversie a substanțelor organice în biogaz.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție constă în majorarea eficacității procesului biochimic datorită descompunerii fizico-chimice a substanțelor organice suspendate și solubile greu degradabile și conversiei anaerobe în biogaz, precum și majorarea gradului de epurare a apelor reziduale.

Instalația pentru prelucrarea anaerobă a borhotului de la vinificație, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate prin aceea că constă dintr-un bioreactor și un electrolizor amplasat pe acesta; electrolizorul include un corp de formă cilindrică 14 executat din material nemagnetic și unit cu bioreactorul printr-o conductă coaxială de transvazare 15, pe suprafața interioară a corpului 14 este amplasat un electrod 24 din aliaj de titan, conectat la polul negativ al unei surse de curent continuu, iar pe capătul superior al conductei de transvazare 15 este fixată o inserție cilindrică 23 din material izolator și un electrod concentric din oțel inoxidabil 22, conectat la polul pozitiv al sursei de curent continuu, în interiorul corpului 14 pe o plasă 20 sunt amplasate corpuri 21 metalice cilindrice din material magnetic moale, un capac cu suprafața ondulată 25, iar în partea de sus este fixată o lampă UV 18 cu reflector 19, totodată corpul 14 este dotat cu un racord 2 de debitare a borhotului cu ventil 3, sistem de ejecție 4 și intrare tangențială 5, de partea exterioară a corpului 14 este amplasat un inductor 16 de câmp magnetic rotitor, conectat la un regulator de tensiune 17 și la o sursă de curent alternativ; bioreactorul include un corp 1 cu bază conică, în interiorul căruia este amplasată o încărcătură rigidă 9 cu un strat de biomasă fixată, totodată corpul 1 este dotat cu un racord 6 pentru evacuarea lichidului tratat cu hidrosifon 7 și cu racord 8 pentru aer, un racord 10 pentru evacuarea sedimentului cu ventil 11, precum și cu un racord 12 pentru evacuarea biogazului cu închizător hidraulic 13.

Corpurile cilindrice sunt executate din oțel carbonic slab aliat cu diametrul de 1...2 mm, lungimea de 1/4...1/3 din mărimea distanței dintre electrozi, raportul dintre lungimea și diametrul corpurilor fiind de 1 : (6...10), și sunt utilizate în cantitate de 0,1...0,2 din volumul util al electrolizorului.

Rezultatul constă în aceea că în procesul electrochimic de tratare a apelor reziduale în instalația propusă productivitatea înaltă a procesului este atinsă datorită schimbului intensiv de masă a apelor prelucrate (a borhotului de la vinificație) în câmpul electromagnetic rotitor, pseudofluidizării (magnetofluidizării) particulelor cilindrice în spațiul dintre electrozi și datorită acțiunii proceselor fizico-chimice, electrice și hidrodinamice asupra mediului apos tratat. Eficacitatea procesului de epurare la prima etapă a prelucrării electrochimice a apei se asigură prin distrucția moleculelor substanțelor organice, inclusiv și a compușilor polifenolici (antocianidele, taninuri ș.a.) atât la suprafața catodului, anodului, cât și a particulelor cilindrice, care decurge datorită proceselor electrochimice în volumul lichidului prelucrat și care se accelerează datorită microscurtecircuitelor particulelor cilindrice în timpul contactului scurt între ele și cu suprafața electrozilor, efectul de „plasmă rece”, ciocnirile electrohidraulice, procesele electrocatalitice, precum și acțiunea câmpului electromagnetic asupra descompunerii moleculelor substanțelor organice.

Concomitent cu aceasta, amplificarea proceselor de distrucție se asigură de asemenea datorită utilizării oxigenului din aer în calitate de oxidant, admisia căruia se face prin sistemul de ejecție. Datorită acestui fapt, la descărcările electrice în mediul apă-aer se formează compuși peroxidici ( $H_2O_2$ ), ozon ( $O_3$ ) sau un șir de radicali activi ( $\cdot O^2$ ,  $\cdot HO^2$  și alții), care în prezența unei cantități mici de ioni ai fierului (II) și (III), care se formează la eroziunea electrozilor la ciocnirile particulelor metalice la rotirea lor, apoi sub acțiunea radiației UV prin analogie cu acțiunea reactivului Fenton, se majorează eficacitatea distrucției hidrolitice a moleculelor compușilor organici înainte de fermentarea anaerobă. Astfel, totalitatea acestor procese facilitează majorarea eficacității procesului biochimic datorită conversiei anaerobe a substanțelor organice în borhotul de la vinificație în biogaz și îmbunătățirea nivelului de epurare a apelor reziduale.

În fig. 1 este prezentată schema instalației.

Instalația include un corp 1 cu bază conică, un racord 2 de debitare cu ventil 3, sistem de ejecție 4 și intrare tangențială 5, un racord 6 pentru evacuarea lichidului tratat cu hidrosifon 7 și cu racord 8 pentru aer, o încărcătură rigidă 9 cu un strat de biomasă fixată, un racord 10 pentru evacuarea sedimentului cu ventil 11 și cu un racord 12 pentru evacuarea biogazului cu închizător hidraulic 13, un corp 14, o conductă de transvazare 15, un inductor 16 de câmp magnetic rotitor, un regulator de tensiune 17, o lampă UV 18 cu reflector 19, o plasă 20, corpuri 21 metalice cilindrice din material magnetic moale, un electrod din oțel inoxidabil 22, o inserție cilindrică 23, un electrod 24 din aliaj de titan, un capac cu suprafața ondulată 25.

Instalația funcționează astfel.

Borhotul inițial este admis tangențial prin racordul 2 de debitare a borhotului cu ventil 3 în poziția „deschis” în sistemul de ejectie 4 pentru saturarea borhotului cu aer, și apoi prin plasa 20 trece în spațiul dintre electrodul cilindric 22, și electrodul 24 al corpului cilindric 14 al nodului de hidrolizare. La aplicarea curentului electric continuu de la sursa de curent se asigură condiții pentru desfășurarea procesului electrochimic la suprafața electrozilor 22 și 24. La aplicarea concomitentă a curentului electric alternativ la generatorul 16 al câmpului electromagnetic rotitor, reglat cu ajutorul reglatorului de tensiune 17, particulele cilindrice 21 sunt puse în mișcare intensivă de rotație datorită apariției câmpului electromagnetic de rotație.

În scopul preîntâmpinării ecranării câmpului electromagnetic în spațiul dintre electrozi în volumul corpului 14 al nodului de hidrolizare, electrodul 22 se execută din material diamagnetic, de exemplu, din titan. Electrocul 24 poate fi executat din oțel inoxidabil sau din alt material nemagnetic. Particulele cilindrice 21 pot fi executate din oțel carbonic ușor legat sau din oțeluri legate. La apariția câmpului electromagnetic de rotație acesta asigură orientarea particulelor cilindrice 21 în direcție radială cu mișcarea în direcția mișcării de rotație a câmpului magnetic extern și concomitent cu mișcarea oscilatorie în jurul propriei axe de rotație și în raport cu electrocul 24 și electrocul 22. Pe măsura majorării tensiunii câmpului electromagnetic are loc distrugerea stratului magnetofluidizat. Gradul de magnetofluidizare este determinat de valoarea inducției a câmpului electromagnetic, precum și de mărimile geometrice ale particulelor cilindrice 21 și de mărimea sistemului coaxial al electrolizorului. Mărimea optimă a inducției câmpului magnetic este de 0,1...0,15 T.

În calitate de inductor 16 al câmpului electromagnetic de rotație pot fi utilizați starteri ale electromotoarelor industriale, care asigură o viteză de rotație de la 1400 până la 3000 rot./min și permit formarea unui câmp magnetic cvasiomogen, când fiecare particulă cilindrică reprezintă un agitator, care efectuează rotație cu o viteză unghiulară variabilă și care se mișcă prin tot volumul corpului 14 al nodului de hidrolizare al instalației. Aceasta asigură o turbulizare puternică a mediului datorită vitezelor mari de mișcare a mediului dispers.

Gradul de magnetofluidizare a particulelor cilindrice din material magnetic moale în mediul acvatic depinde de diametrul lor ( $d$ ) și de raportul diametrului la lungimea ( $l$ ) a acestor particule. Valoarea optimă a acestui raport ( $l/d$ ) pentru particulele cu diametrul  $d=1...2$  mm se află în intervalul 6...10, iar lungimea este în limitele  $1/4...1/3$  din mărimea distanței dintre electrozi. În acest caz coeficientul critic de umplere cu particule cilindrice a volumului util al spațiului dintre electrozi este de 6...8 %.

La aplicarea curentului electric continuu la electrozii de bază 22 și 24 și asupra inductorului 16, particulele cilindrice 21, mișcându-se haotic în spațiul dintre electrozi. Joacă rolul de electrozi, ca rezultat în stratul magnetofluidizat au loc descărcări electrice. Ciocnindu-se între ele, precum și cu electrozii 22 și 24, particulele cilindrice 21 datorită formării unei structuri orientate în direcția câmpului magnetic formează în stratul magnetofluidizat multiple lanțuri electrice pentru trecerea impulsurilor. În urma acestui fapt se asigură acțiunea în complex asupra lichidului prelucrat.

Unul dintre factorii care asigură distrucția compușilor organici la o astfel de prelucrare a apelor reziduale este procesul electrochimic, care decurge la suprafața electrozilor 22 și 24 și a particulelor cilindrice 21 în câmp electric continuu la polarizarea lor.

Alți factori sunt cei hidrodinamici și electrofizici, care se ating datorită valorilor mari ale vitezei relative a particulelor 21 în zonele contactului acestora între ele și cu suprafața electrozilor 22 și 24, ca rezultat au loc un șir de impulsuri, care generează efectul „plasma rece” cu formarea zonelor locale de presiuni și temperaturi înalte, care o depășesc pe cea critică a apei și pentru substanțele ce se află în ea. În rezultatul multiplexelor ciocniri în mediu pot apărea unde acustice cu frecvență de câteva zeci de kHz. Datorită comprimării specifice joase a apei, formarea zonelor locale de presiuni și temperaturi înalte facilitează decurgerea multiplexelor ciocniri electrohidraulice. Aceste acțiuni fizice accelerează procesele de distrucție în apele reziduale prelucrate. Asupra acestui proces influențează de asemenea și câmpul electromagnetic care acționează asupra dipolilor moleculelor compușilor organici în mediul lichid, diminuând stabilitatea legăturilor chimice și facilitând accelerarea procesului de distrucție.

Astfel, se creează multiple microzone locale, alternativ cuprinzând întreg volumul de lichid în volumul corpului 14 al nodului de hidrolizare al instalației, unde sunt asigurate condiții pentru apă supercritică, care conduc la distrucția substanțelor organice în ea.

Apele reziduale prelucrate în nodul de hidrolizare pot conține particule suspendate de drojdie, precum și alte produse insolubile ale compușilor organici.

Amplificarea proceselor de distrucție este asigurată de asemenea datorită admisiei oxigenului din aer în calitate de oxidant, care se realizează prin sistemul de ejectie 4, montat în racordul 2 pentru admisia borhotului. Datorită acestui fapt, la descărcările electrice în mediul apă-aer se formează compuși peroxidici ( $H_2O_2$ ), ozon ( $O_3$ ) sau un șir de radicali activi ( $\bullet O^2$ ,  $\bullet HO^2$  ș. a.), care accelerează procesul de distrucție.

În procesul electrochimic are loc o dizolvare neesențială a fierului de pe suprafața particulelor cilindrice 21 cu formarea ulterioară a ionilor liberi de  $Fe^{2+}$  și  $Fe^{3+}$ , care împreună cu peroxizii ( $H_2O_2$ ) formați asigură formarea sistemului Fenton [ $Fe^{2+} - Fe^{3+}/H_2O_2$ ], care chiar și în concentrații mici în lichidul prelucrat, trecând pe suprafața capacului 25 pentru transvazarea lichidului cu suprafața în formă de unde, este supus unei iradiieri UV puternice la conectarea lămpii UV 18, fiind amplificată de reflectorul 19. Ca rezultat, sunt inițiate procese fotocatalitice, care formează o cantitate suplimentară de radicali activi cu perioadă scurtă de viață și compuși peroxidici intermediari, care facilitează distrucția completă a substanțelor organice cu grad sporit de stabilitate. Chiar dacă în aceste condiții indicele de consum chimic a oxigenului variază puțin, un alt indice, mult mai important pentru fermentarea anaerobă a borhotului – indicele de consum biologic al oxigenului se majorează substanțial, ceea ce la etapa anaerobă

ulterioară facilitează intensificarea procesului de transformare metanogenă a substanțelor organice în biogaz și majorarea gradului de epurare a lichidului.

În calitate de sursă de radiație UV pot fi utilizate lămpile cu diapazonul lungimilor de undă în limita 300...400 nm.

Regimul unei astfel de prelucrări depinde de concentrația și de stabilitatea chimică a compușilor organici din lichidul inițial. Un avantaj important este faptul că prelucrării distructive în instalația propusă pot fi supuse apele reziduale cu o concentrație înaltă a compușilor organici.

În urma prelucrării distructive fizico-chimice complexe a borhotului de la vinificație, lichidul este debitat în conducta 15 de transvazare a bioreactorului în partea de jos a corpului 1, apoi este distribuit de jos în sus în volum cu ajutorul încărcăturii rigide 9 cu stratul de biomasă fixată, unde în condiții anaerobe au loc procese microbiologice acetogene și metanogene conform procedurilor cunoscute, care conduc la formarea biogazului, ce conține 65...75% metan ( $\text{CH}_4$ ). Datorită majorării valorilor indicelui de consum biologic a oxigenului cantitatea de metan în biogaz s-a majorat cu 10...12%, concomitent a crescut gradul de epurare a lichidului prelucrat.