

Invenția se referă la procedeele de epurare biochimică anaerobă-aerobă a apelor reziduale pentru purificarea de compuși organici și poate fi utilizată la stațiile de epurare în industriile vinicolă și alimentară

Este cunoscut procedeul de epurare biochimică a apelor reziduale conform căruia procesul de tratare a acestora se realizează în filtre cu microflora fixată și totodată biogazul, care conține până la 35...40% de bioxid de carbon, este recirculat prin apa tratată [1]. Însă acest procedeu nu este destul de eficient, deoarece hidrogenul, necesar pentru transformarea bioxidului de carbon în metan sub acțiunea bacteriilor metanogeneratoare, este prezent în acest proces în cantități insuficiente.

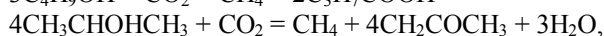
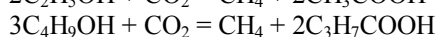
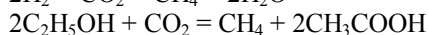
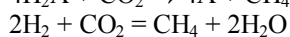
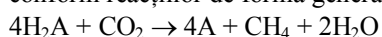
În calitate de cea mai apropiată soluție servește procedeul de epurare anaerobă a apelor uzate, care include tratarea în condiții mezofile de fermentație prin intermediul microflorei fixate cu degajarea și utilizarea biogazului prin amestecul acestuia cu apa tratată [2]. Acesta se realizează folosind biogazul degajat în prima fază de fermentare, care conține preponderent bioxid de carbon, prin recircularea lui și corecția pH-ului apei tratate. Însă acest procedeu nu este eficient deoarece nu asigură o majorare a gradului de epurare a apelor uzate și a productivității acestui proces, nu ameliorează indicii calitativi ai biogazului menit pentru utilizarea ulterioară.

Problema pe care o rezolvă invenția propusă constă în utilizarea reziduurilor de producere – a bioxidului de carbon, care se degajă în cantități importante la fermentația materiei prime pentru obținerea vinului, în majorarea eficienței procesului de epurare a apelor reziduale și în majorarea producției de biogaz, care ulterior este utilizat pentru cogenerare cu obținerea și utilizarea în scopuri bine determinate a energiei electrice și termice, de exemplu pentru menținerea regimului termic optim de fermentare anaerobă care constituie $33 \pm 2^\circ\text{C}$.

Problema este soluționată prin aceea că procedeul de epurare biochimică anaerobă-aerobă a apelor reziduale include epurarea anaerobă a acestora prin utilizarea microflorei fixate și epurarea aerobă avansată a acestora la aerarea lor. Totodată la epurarea anaerobă în apele reziduale se introduce un amestec de bioxid de carbon, obținut la fermentarea alcoolică a vinului brut, și de hidrogen, care se conține la electroliza cu membrană a soluției apoase de hidroxid de sodiu, luate în raport masic de 1:(0,05...0,1). Aerarea se efectuează cu aer îmbogățit cu oxigen, care se obține la electroliza cu membrană a soluției apoase de hidroxid de sodiu. Pentru efectuarea electrolizei cu membrană se utilizează soluție apoasă de 20...22% de hidroxid de sodiu la raportul ariilor catodului și anodului de 1:1 și densitatea curentului de 1...5 A/dm².

Rezultatul invenției constă în majorarea eficienței de epurare, precum și în creșterea producției de biogaz.

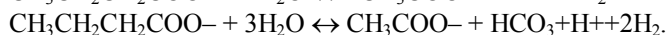
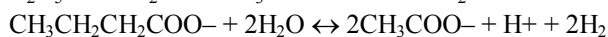
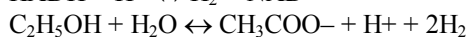
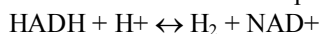
Mecanismul procesului biochimic de formare a biogazului, care se desfășoară în rezultatul activității vitale a microorganismelor metanogeneratoare, este legat cu faza intermediară de formare și degajare a bioxidului de carbon, care servește drept substrat pentru dezvoltarea microorganismelor metanoproducătoare, care generează metanul conform reacțiilor de formă generală:



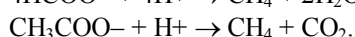
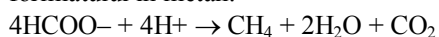
unde H₂A este orice compus chimic, pentru care microorganismele posedă fermentul dehidrază.

Astfel, cu ajutorul microorganismelor anaerobe bioxidul de carbon este redus la metan și se consumă pentru construirea substanței celulare a bacteriilor metanoproducătoare (Mb. Omelianski și Methanosarcina ș.a.). În acest caz bioxidul de carbon, care se conține de rând cu metanul în biogaz, poate fi considerat drept produs al interacțiunii biochimice incomplete a microflorei fixate cu compușii organici ai apelor reziduale. În procesele biochimice de formare a metanului bioxidul de carbon prezintă sursa de carbon, iar oxigenul din componența moleculei sale este elementul de susținere a activității vitale a bacteriilor, care scindează structura moleculară a CO₂.

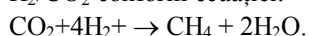
Concentrația hidrogenului joacă un rol decisiv în reglarea componenței produselor procesului biochimic de generare a metanului. El se formează preponderent în faza acetogenă în conformitate cu reacțiile:



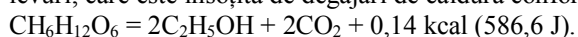
În faza de generare a metanului, sub acțiunea bacteriilor metanoproducătoare, are loc conversia acetatului și/sau a formiatului în metan:



Bioxidul de carbon care se formează în condiții anaerobe alcătuiește molecule de metan ca o consecință a conversiei H₂/CO₂ conform ecuației:



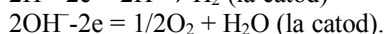
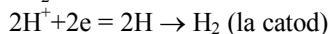
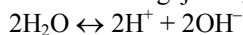
Bioxidul de carbon utilizat conform invenției în cauză reprezintă un produs obținut la fermentarea vinului brut care nu se utilizează la producerea alcoolului, berii și în alte procese industriale biochimice legate de descompunerea glucozei, fructozei și altor compuși derivați ai zaharozei prin acțiunea catalizatoare asupra acestora a fermenților celulelor de levuri, care este însoțită de degajări de căldură conform reacției de formă generală:



De exemplu, la fermentarea a 1000 tone de struguri cu conținutul de zahăr de 20% se degajă cel puțin 49 tone de bioxid de carbon, care practic nu se utilizează. Din această cantitate de bioxid de carbon, în corespundere cu reacțiile biochimice citate mai sus, se pot obține suplimentar mari cantități de metan.

La electroliza apei pentru obținerea hidrogenului și oxigenului se folosesc soluții diluate de alcalii (NaOH) în concentrații de 20...22%, care majorează conductibilitatea electrică a soluției și favorizează stabilitatea electrozilor insolubili, totodată asigură majorarea randamentului de degajare a gazelor în funcție de curent până aproape de 100%.

La anod se degajă oxigen, iar la catod-hidrogen:



Conform legii lui Faraday, la trecerea a 26,8 A/h se degajă 11,2 l de hidrogen și 5,6 de oxigen (sau 1 m³ de hidrogen și 0,5 m³ de oxigen la un consum de 2,383 kA/h de curent electric).

Pentru obținerea hidrogenului și oxigenului curat procesul de electroliză se produce în electrolizoare cu membrane, care separă spațiile anodului și catodului. În calitate de membrană pot fi utilizate coli de azbest, pentru executarea catodului se utilizează fier cu suprafața rugoasă, pentru anod - oțel cu conținut redus de carbon nichelat galvanic. Pentru efectuarea electrolizei pot fi utilizate cuve electrolitice cu amplasarea mono- sau bipolară a electrozilor.

Invenția se explică prin schema prezentată în fig. 1.

Schema include bioreactorul anaerob 1 cu conducta de aducție 2 a apelor reziduale de mare încărcare și conducta de evacuare 3 racordată cu bioreactorul aerob 4 dotat cu conducta 5 pentru evacuarea apei reziduale epurate. Biogazul, care se degajă în bioreactorul 1 se introduce în instalația de cogenerare 6, care alimentează cu curent electric redresorul 7 și, respectiv, electrolizorul cu membrană 8 care generează hidrogenul, conectat la amestecătorul 9 pentru a fi amestecat cu bioxidul de carbon produs la fermentarea conexă (alcoolică), iar amestecul obținut de CO₂/H₂ se debitează în bioreactorul 1, în același timp oxigenul generat în camera anodică a electrolizorului 8 se introduce în amestecătorul 10 pentru îmbogățirea aerului pompat de suflante și, ulterior, amestecul de aer cu oxigen se introduce în bioreactorul 4.

Schema funcționează în felul următor.

În bioreactorul anaerob 1, înzestrat cu umplutură pentru fixarea microorganismelor, la alimentarea cu ape uzate prin conducta 2, se formează biogaz, cu care este alimentată instalația de cogenerare 6 care la rândul ei produce simultan energie termică și electrică cu care se alimentează redresorul 7 pentru transformarea curentului electric alternativ în curent continuu. Electrolizorul cu membrană 8, care se alimentează cu curent continuu, generează hidrogen, care în amestecătorul 9 formează un amestec cu bioxidul de carbon în raport masic de 1:(0,05...0,1), acesta reprezentând o sursă suplimentară, în raport cu compușii organici ai apelor uzate, de compuși neorganici pentru desfășurarea proceselor biochimic de producere a biogazului, având ca produs finit metanul (CH₄), care reprezintă la rândul său sursă alternativă de energie regenerabilă. O astfel de soluție contribuie la majorarea esențială a producției de biogaz și asigură un profit corespunzător.

Apa uzată epurată prin conducta 3 se debitează în bioreactorul aerob 4 pentru o epurare avansată, unde concomitent se introduce pentru aerare amestecul de aer îmbogățit cu oxigen din amestecătorul 10, ceea ce contribuie la intensificarea proceselor biochimice aerobe și majorează gradul de epurare a apelor uzate, evacuate prin conducta 5.

Astfel, soluția asigură bioxidului de carbon, care reprezintă un reziduu al producției conexe și care se formează în cantități uriașe la fermentarea alcoolică în procesele de vinificație, concomitent asigurând majorarea eficienței proceselor de epurare a apelor uzate și producției de biogaz, care la rândul său se utilizează prin cogenerare pentru producerea energiei electrice și termice. În aceste condiții energia electrică obținută prin cogenerare din biogaz este esențial mai ieftină decât cea obținută de consumatori de la rețelele de energie electrică produsă centralizat în mod tradițional, iar aceasta la rândul său reduce respectiv prețul obținerii și utilizării hidrogenului și oxigenului produs prin electroliză. La rândul ei energia termică obținută la cogenerarea biogazului poate fi utilizată pentru menținerea regimului termic optim al fermentării anaerobe a apelor uzate, care constituie 33±2°C.

Exemplu. Apele uzate poluate cu substanțe organice exprimate prin CBO₅ în valoare de 2700 mgO₂/l sunt debitate într-un bioreactor anaerob cu capacitatea 50l. Durata fermentării constituie 24 ore, la temperatura mediului se menține în limitele 33±2°C. Concomitent bioreactorul se alimentează uniform cu un amestec de CO₂/H₂ în raport masic de 1:(0,05...0,1) cu un debit de 30 cm³/h.

Au fost determinate valorile CBO la ieșirea apelor uzate epurate din bioreactor, producția de biogaz și conținutul în el al metanului. Afară de aceasta s-a determinat eficiența procesului de epurare avansată în faza aerobă în condițiile de aerare cu aer îmbogățit cu oxigen, în raport cu reducerea CBO. Rezultatele testărilor sunt prezentate în tab. 1 și ele sunt comparate cu încercările efectuate cu prototipul în condiții standard.

După cum demonstrează încercărilor, gradul de epurare a apelor uzate, apreciat conform valorilor CBO, în faza anaerobă a procesului este de 2 ori mai înalt, iar producția de biogaz s-a majorat de 1,5 ori, conținutul metanului fiind practic același, în raport cu condițiile prototipului. În faza aerobă a epurării, cu aerarea efectuată cu aer îmbogățit cu oxigen, s-au obținut valori ale CBO epurat, care respectă condițiile de evacuare a apelor uzate în emisari de importanță piscicolă. În condiții similare pentru prototip nu s-au reușit astfel de performanțe ale epurării apelor uzate; condițiile de evacuare a apelor uzate în acest caz au fost depășit aproape de 3 ori.

Tabelul 1

Nr. crt.	Indicatorii proceselor	În condițiile invenției propuse		În condițiile prototipului	
		Faza de fermentare anaerobă	Faza de epurare aerobă avansată	Faza de fermentare anaerobă	Faza de epurare aerobă avansată
1.	CBO ₅ , mgO ₂ /l	180	10,5	365	37,5
2.	Producția specifică de biogaz, m ³ /kg CBO în 24 ore	0,78	-	0,45	-
3.	Conținutul metanului în biogaz, %	63	-	64	-

Rezultatele obținute demonstrează o eficiență mai înaltă a procesului de epurare a apelor uzate și o producție majorată de biogaz în raport cu conținutul organici biodegradabili în apele uzate.