

PROCESE TEHNOLOGICE DE OBȚINERE A BIOGAZULUI ÎN SISTEMELE DE EPURARE ANAEROBĂ A APELOR REZIDUALE



conf. univ.,
dr. Dumitru UNGUREANU
Universitatea Tehnică
a Moldovei



conf. univ.,
dr. Victor COVALIOV
Universitatea de Stat
din Moldova

Dezvoltarea continuă a civilizației condiționează consumul ridicat de resurse energetice, ceea ce determină căutarea noilor surse alternative de energie. Printre sursele alternative o mare importanță i se acordă tehnologiei de obținere a biogazului. Această problemă este foarte actuală mai ales în Republica Moldova, deoarece este o țară lipsită de resurse energetice naturale. Însă țara noastră posedă importante resurse organice regenerabile, care în marea lor majoritate nu se folosesc, ci se aruncă în mediul ambiant, odată cu apele reziduale. Rezultatele obținute în ultimii ani în acest domeniu, ne permit să intensificăm tehnologia anaerobă de obținere a biogazului și să generăm energia termică și electrică /1/.

Pentru epurarea biologică a apelor uzate se folosesc bioreactoare cu 2 tipuri de microfloră: suspendată (nămol activ sub formă de flocoane populate de microorganisme) și imobilizată/fixată pe un suport solid (peliculă biologică/biofilm).

Procesele aerobe se realizează cu ajutorul nămolului activ în bazine de aerare și acestea se pretează cu

precădere în stațiile de capacitate mare, iar pentru stațiile de capacitate mică și medie sunt mai convenabile, atât din punct de vedere energetic, cât și din punct de vedere al exploatării, instalațiile cu biofilm – biofiltrele, cu curgere liberă sau cu umplutură imersată – așa-numitele biofiltre aerobe înecate. În acestea din urmă umplutura poate fi în strat fix sau fluidizat /2/.

Procesele anaerobe de epurare a apelor uzate se realizează preponderent în bioreactoare cu microflora fixată pe umplutură imersată – biofiltre anaerobe înecate. Acestea au fost experimentate în cadrul Catedrei de ecotehnie, management ecologic și ingineria apelor la universitatea tehnică a Moldovei și la Centrul Științific de Chimie Aplicată și Ecologică al Universității de Stat din Moldova, pe diferite tipuri de ape uzate: menajere, dejecții diluate de porcine și păsări, de fabricare a alcoolului, fiind obținuți atât parametri de epurare, cât și de producție a biogazului.

Regimurile termice în care au funcționat bioreactoarele anaerobe s-au plasat în intervalele de temperaturi 10, 20, 30 și 35°C, la durata tratării pentru 10 și 20°C de 0,67...3 zile, pentru 30°C – 0,5...2,0 zile și la 35°C – 0,2...1,5 zile. Eficiența epurării în regim crioofil, la temperaturi de 10 și 20°C, a constituit între 51,4...78,5% și 65,0...86,2%, respectiv, iar în regim mezofil la temperaturi de 30 și 35°C – între 81,8...94,9% și 73...95,9%, respectiv, în funcție de durata tratării.

Dependența eficienței epurării anaerobe de temperatură, durata tratării și încărcarea organică a bioreactorului este prezentată în fig.1.

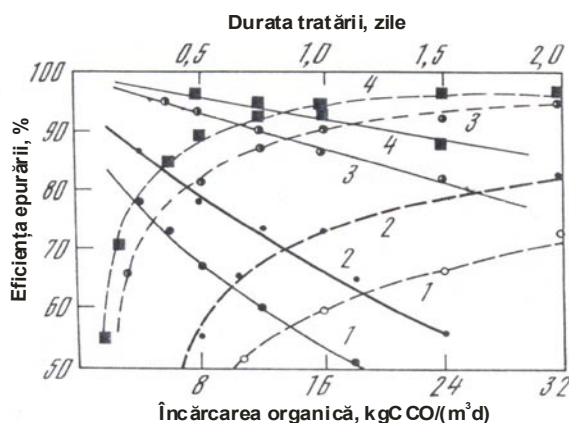


Fig.1. Eficiența epurării anaerobe în funcție de durata tratării, încărcarea organică a bioreactorului și temperatura mediului acvatic: 1-10°C; 2-20°C; 3-30°C; 4-35°C. (— dependența de încărcare organică; - - - - - dependența de durata tratării)

Producția specifică de biogaz în raport cu 1m³ de bioreactor, ca și eficiența epurării, este dependentă de temperatură și încărcarea organică, ceea ce se demonstrează în fig. 2.

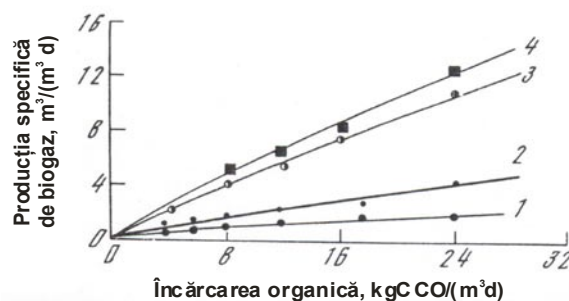


Fig. 2. Producția specifică de biogaz raportată la 1 m³ de bioreactor în funcție de încărcarea organică a bioreactorului și temperatura fermentării anaerobe (la durata de tratare 1,5 zile): 1-10°C; 2-20°C; 3-30°C; 4-35°C.

Producția specifică de biogaz raportată la 1kg CCO eliminat variază în funcție de încărcarea organică a bioreactorului și regimul termic de fermentare, între 0,117 m³/kg CCO la temperatura de 10°C și durata tratării de 0,67 zile și 0,520 m³/kg CCO la temperatura de 38°C și durata tratării de 1,5 zile.

Funcțiile respective, prezentate în fig. 3, indică o dependență mai pronunțată de regimul termic al epurării anaerobe, decât de încărcarea organică a bioreactorului, ceea ce impune concluzia că epurarea anaerobă e mai eficientă în regim mezofil (30...35°C).

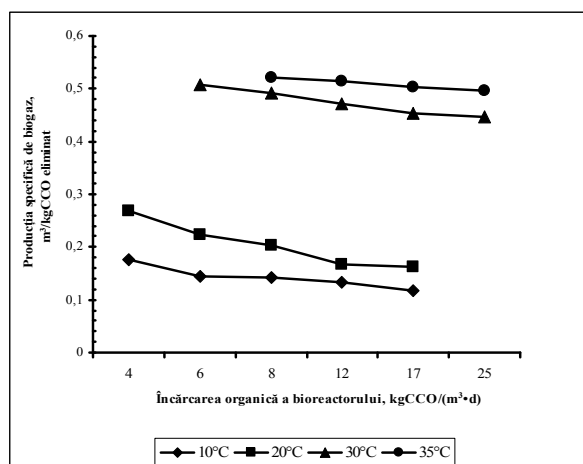
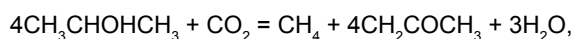
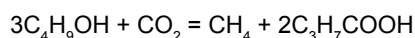
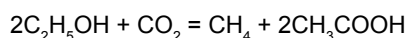
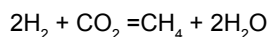


Fig. 3. Producția specifică de biogaz raportată la 1 kg CCO transformat/eliminat în funcție de încărcarea organică a bioreactorului și de temperatură

În acest mod, tehnologia propusă de epurare anaerobă a apelor uzate în bioreactoare cu microflora fixată (biofiltre anaerobe înecate) permite reducerea duratei de tratare până la 1...2 zile, iar la concentrații inițiale mici

de substanțe organice biodegradabile (caracteristic pentru apele uzate menajere) chiar până la 4...8 ore, ceea ce este de 5...10 ... 30 ori mai mică decât durata respectivă în metantancurile tradiționale cu microfloră suspendată (nămol activ anaerob). Aceasta înseamnă volume ale bioreactoarelor de tot atâtea ori mai mici. Experimentarea de lungă durată (2 ani) a bioreactoarelor la scara de stație-pilot (4 m³) a arătat că acest tip de bioreactoare sunt mai puțin sensibile la variațiile de temperatură, la supraîncărcarea organică și chiar la întreruperi de lungă durată (de la o zi până la câteva luni) a alimentării cu ape uzate, ceea ce le conferă o durabilitate și fiabilitate foarte înaltă în exploatare.

Mecanismul procesului biochimic de formare a gazului biologic, degajat ca rezultat al activității biologice a bioorganismelor metanice, este asociat cu etapa intermediară de formare și degajare a dioxidului de carbon, constituind un mediu nutritiv pentru dezvoltarea microorganismelor metanice care produc metan conform reacțiilor de tip general ce urmează:



unde H₂A este orice compus pentru care organismul respectiv emite un ferment de dehidrogenază. Astfel, cu ajutorul microorganismelor anaerobe, CO₂ se regenerează în metan și se consumă pentru formarea substanței celulare a bacteriilor metanice (Mb. omelianski și Methanosarcina).

Astfel, dioxidul de carbon ce intră în componența gazului biologic împreună cu metanul poate fi considerat ca produs al interacțiunii biologice incomplete a microflorei imobilizate cu componentele organice ale apelor reziduale.

Totodată, gazul biologic destinat arderii în cazangerii trebuie să conțină pe cât posibil mai puține componente neinflamabile, din această cauză el trebuie purificat de dioxid de carbon și de componente cu conținut de sulf.

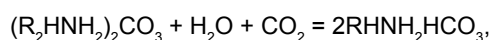
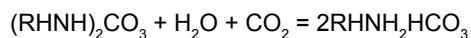
Revenind la caracteristica energetică a proceselor aerobe și anaerobe de epurare a apelor uzate (fig. 3),

trebuie de menționat că procesele aerobe sunt însoțite de un consum considerabil de energie pentru aerare egal cu 100kW•h la 100 kg CCO conținute în influentul treptei biologice de epurare. La rândul lor, procesele anaerobe sunt însoțite de o degajare masivă de biogaz (CH₄+CO₂+ ...) combustibil, echivalentul a cca 80 kg CCO supus epurării, la captarea și arderea căruia se poate obține agent termic echivalent a 196 kW•h. Chiar dacă pentru menținerea regimului termic de fermentare anaerobă se consumă energie echivalentă cu 78 kW•h (agent termic pentru necesitățile proprii ale bioreactoarelor anaerobe), la epurarea anaerobă se obține 196-78=118 kW•h la 100 kg CCO, spre deosebire de epurarea aerobă, care consumă 100 kW•h la 100 kg CCO. Cum s-a menționat deja, efluentul epurat anaerob mai conține 10% de substanță organică reziduală, care trebuie eliminată prin epurarea finală aerobă înainte de deversare în emisar (fig. 2) și, ținând cont că acești poluanți reziduali pot fi greu biodegradabili și ar consuma nu 10 kW•h, dar 50 kW•h la 10 kg CCO (de cinci ori mai mult ca la epurarea aerobă primară), beneficiul net de la implementarea epurării combinate anaerob-aerobă constituind 118-50=68 kW•h la 100 kg CCO. Acest lucru are o importanță deosebită pentru conservarea energiei în cadrul stațiilor de epurare și conține o latură ecologică – protecția mediului prin prevenirea degajărilor de metan cu efect de seră.

Pentru creșterea productivității procedului de epurare anaerobă a apelor reziduale, ce se realizează datorită eliminării selective din componența gazului biologic și utilizării repetate a dioxidului de carbon, el constituind un produs nutritiv intermediar, utilizat incomplet, al microorganismelor anaerobe rezultate din fermentarea substratului organic și regenerând în continuare în metan în procesul activității biologice a bacteriilor metanice și sintezei substanțelor celulare ale lor. Mai mult decât atât, datorită dezvoltării intense a microflorei în condițiile mezofile ale activității sale biologice, se asigură un grad mult mai înalt de epurare a apelor reziduale. În cadrul eliminării selective a dioxidului de carbon din componența gazului biologic are loc îmbogățirea lui cu metan ca un component inflamabil principal, ceea ce ameliorează condițiile de ardere și puterea sa calorică de ardere în cazane-recuperatoare. Simultan, căldura degajată la regenerarea absorberelor dioxidului de carbon se utilizează pentru încălzirea apei destinate epurării și crearea condițiilor optime pentru fermentarea mezofilă cu un indice de

oxidoreducere mult mai redus al mediului nutritiv pentru substratul organic.

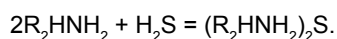
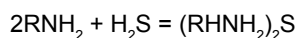
Conform soluției revendicate, gazul biologic format este trecut prin absorbere etanolaminice, în care în urma reacțiilor conform schemelor următoare:



unde R este radicalul $-\text{CH}_2\text{CH}_2(\text{OH})$, dioxidul de carbon intră într-un cuplu cu mono- și/sau dietanolamină, formând astfel compuși carbonați și bicarbonați, iar metanul penetrează stratul de umplutură etanolaminică și se debitează în stare purificată la utilizare.

Ca rezultat al acestor procese, la etapa finală se formează săruri bicarbonate ale etanolaminelor, reacțiile chimice derulând relativ rapid, iar la temperatura de 40...50°C producându-se practic momentan.

Concomitent cu dioxidul de carbon, cu etanolaminele poate fi legată și sulfura de hidrogen, formând o sare care, fiind încălzită până la 105°C, se descompune de asemenea degajând sulfura de hidrogen și etanolamina inițială. Interacțiunea etanolaminelor cu sulfura de hidrogen are loc conform schemelor următoare:



Încălzind sărurile carbonice și bicarbonate ale etanolaminelor până la 105°C, etanolaminele se regenerează rapid degajând dioxidul de carbon care este orientat în bioreactorul anaerob pentru intensificarea reacției biochimice de formare a metanului.

Acest proces se realizează în instalația (Fig. 4) care poate lucra în regim automat [3]. La încălzirea sărurilor etanolaminelor ele se regenerează ușor cu evacuarea bioxidului de carbon pentru recircularea în bioreactor și pentru intensificarea procesului biochimic de formare a metanului. Procesul de regenerare a absorberelor, conectate paralel, se efectuează automat cu ajutorul unui dispozitiv care înregistrează cantitatea de bioxid de carbon în biogaz la ieșirea din absorbere. Cu ajutorul panoului de comandă, conectat la sistemele de ventilare a absorberelor, are loc dirijarea lucrului lor consecutiv pentru absorbție și regenerare.

Biogazul epurat din regeneratoare, ce conține 95-98% metan, este condus spre instalația de cogenerare a energiei termice și electrice.

Bioxidul de carbon evacuat din absorbere, este amestecat cu o parte din gazul format la fermentarea acidă și recirculat în zona metanogenezei, unde se transformă în metan, măbind productivitatea de la 0,35-0,4 până la 0,55-0,65 m³/1kg CBO și respectiv, cantitatea de metan ce se conține în biogaz crește de la 60-65% până la 75-80%. Biogazul obținut la fermentarea anaerobă are o capacitate termică de 5300-5500 kcal/m³ (6,2-6,5 kW*ora/m³). După epurarea prin absorbție, capacitatea termică se mărește de 1,3-1,4 ori. După cheltuielile de obținere biogazul este de 1,5-3 ori mai ieftin decât combustibilul lichid și cel solid.

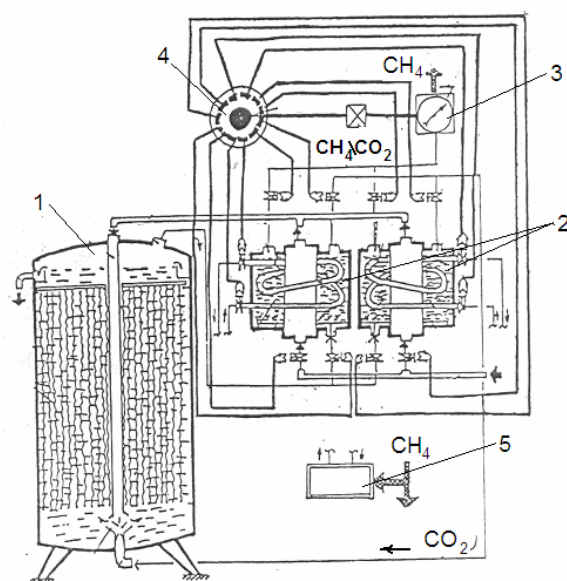


Fig. 4 Schema instalației pentru epurarea anaerobă complexă a apelor reziduale, cu sistem automat de epurare și utilizare a biogazului (Brevet MD nr. 2334):

- 1 - reactor anaerob;
- 2 - regeneratoare cu absorbție;
- 3 - dispozitiv de măsurare a concentrației CO₂;
- 4 - panou de comandă;

Precipitatul care se obține în urma acestui proces conține o importantă cantitate de compuși folositori și poate fi utilizat în calitate de fertilizant organic al solurilor. În condiții favorabile fermentării anaerobe, de obicei se descompun aproximativ 70% din substanța organică, iar 30% rămân în precipitat. Unul

dintre avantajele acestei metode constă în păstrarea aproape integrală a azotului organic și amoniacal după fermentare. De asemenea, se asigură dezinfectarea și înlăturarea microorganismelor patogene, atât în precipitat, cât și în apele reziduale epurate.

Evaluarea eficacității economice de pe urma implementării tehnologiei anaerobe de epurare poate fi efectuată, de exemplu, pe baza unei întreprinderi vinicole „Vinăria Bardar”, care prelucrează 5,0 mii tone struguri anual. Cantitatea apelor reziduale acumulate în decurs de 24 de ore constituie 50 m³, dintre ele 15 m³ sunt ape reziduale foarte concentrate, cu gradul de poluare cu substanțe organice de 11,8 kg O₂/m³ și conțin 2,2 kg/m³ particule suspen-date. Pentru prelucrarea unei asemenea cantități de ape reziduale în regim mezofil la temperatura de 33°C va fi necesar un reactor cu volumul de 25 m³ cu tipul hidraulic de reținere pe durata de 72 ore. La o epurare de 90% CCO a reactorului cu nămol activ va produce biogaz cu concentrația metanului de 75-70%, 79,65 m³ în 24 de ore sau 29072 m³

pe an. Calculele au arătat că, dacă se efectuează transformarea biogazului prin cogenerare în energie termică și electrică, investițiile se recuperează în decurs de 1,3 ani.

BIBLIOGRAFIE:

1. Ungureanu D. Potențialul și căile de utilizare a energiei biomasei în Republica Moldova. În: Culegere de articole „Schimbarea climei. Strategii, tehnologii, perspective”, Chișinău: Bonns Offices, 2001, p. p. 91-110.
2. Ungureanu D. Studiul de fezabilitate privind implementarea în Republica Moldova a energiei biomasei, cap. 3.3. În: Energia regenerabilă. Studiul de fezabilitate, Chișinău 2002, p. p. 104-150.
3. Brevet de invenție MD nr. 2334. Procedeu de epurare anaerobă a apelor reziduale și dispozitiv pentru realizarea acestuia. Covaliova O, Covaliov V., Ungureanu D. și alții. BOPI nr.12, 2003.

SUMMARY

The continuous development of the civilization stipulates for the increased consumption of the power resources, which determines the search of the new alternative sources of energy. Among the alternative sources of energy a great importance is accorded to the technology of obtaining the biogas. This problem is very actual, especially in the Republic of Moldova, while the natural energetic resources in this country are absent. However our republic possesses the important recovering organic resources which in most cases are not used but are thrown out in the environment together with the sewage.

CALENDAR

La 23 februarie 1937 s-a născut, la Kiev, Ucraina, Iurie CURATNICOV, cercetător științific superior, șef al serviciului de brevete de la Universitatea Agrară de Stat din Moldova, deținător al insignei de onoare “Pentru merite în inventică” a ex-URSS.

I. CURATNICOV a absolvit Institutul Agricol “M. Frunze” din Chișinău în 1959. A activat la acest institut mai întâi în calitate de șef adjunct al sectorului de cercetări științifice, ulterior cercetător științific superior și președinte al Asociației științifice-de implementare.

Este autorul a 19 lucrări științifice publicate în Republica Moldova și Rusia, deține 10 brevete de invenții în domeniul recoltării și prelucrării culturilor etero-oleaginoase. A participat la expozițiile naționale și internaționale de inventică de la Chișinău, București, Berlin, Budapesta și Moscova. Participă permanent la expoziția “INFOINVENT” și “MOLDAGROTEH” de la Chișinău.