

# PERFEȚIONAREA SISTEMELOR DE OBȚINERE A BIOGAZULUI

Doctor în științe chimice **Victor COVALIOV**

Centrul de Cercetări Științifice în Chimie Aplicată și Ecologică, USM

## IMPROVEMENT OF BIOGAS PRODUCTION SYSTEMS

**Summary.** A new-generation intensive ecological technology and integrated bioreactor for biogas production were developed, based on the valorisation of agro-industrial wastes, hazardous for the natural environment. The efficient technology independent from centralized power supply was elaborated, which makes it possible to enhance the reliability and cost efficiency of energy supply in rural areas. An easily manageable technology proposed is environmentally friendly and an acceptable method beneficial for the population. This technology bears a breakthrough character and is based on the use of natural phyto-catalysts introduced into the digested biomass in micro-concentrations. They are obtained by extraction from natural vegetable feedstock and wastes. Biomethane contents in biogas is thus increased from 62% with a caloric value of 5 232 kcal/m<sup>3</sup> to 85-92% with a caloric value of 8 010 kcal/m<sup>3</sup>. In addition, the stabilized biomass residues can be used as organic fertilizers, whereas the treated water meets the requirements for irrigation scopes. The technology ensures the generation of a renewable "green" heat and electric energy, and contributes to the improvement of energy and environmental security in accordance with the existing national and international standards.

**Keywords:** biomass, phyto-catalysts, biogas, agro-industrial wastes, biomethane purification.

**Rezumat.** Au fost elaborate o tehnologie ecologic pură și un bioreactor integrat intensiv de nouă generație pentru producerea biogazului prin valorificarea deșeurilor agroindustriale periculoase pentru mediul natural. S-a dezvoltat o tehnologie eficientă, independentă de sursa de alimentare centralizată, sporind astfel fiabilitatea și eficiența costurilor aprovizionării cu energie în zonele rurale. Procesul propus este ușor de gestionat, ecologic și acceptabil pentru populație. Această tehnologie este unică în lume și se bazează pe utilizarea fito-catalizatorilor naturali introduși în biomasa fermentată în micro-concentrații. Ei sunt obținuți prin extracție din materii prime vegetale naturale și deșeuri. Conținutul biometanului în biogaz a crescut de la 62%, cu o valoare calorică de 5 232 kcal/m<sup>3</sup>, până la 85-92%, cu o valoare calorică de 8 010 kcal/m<sup>3</sup>. În plus, reziduurile de biomasă stabilizate pot fi utilizate ca îngrășăminte organice, în timp ce apa tratată este conformă cerințelor pentru irigare. Tehnologia asigură generarea energiei regenerabile „verzi”, atât electrice, cât și termice, și contribuie la îmbunătățirea securității energetice și ecologice în conformitate cu standardele naționale și internaționale existente.

**Cuvinte-cheie:** biomasă, fito-catalizatori, deșeuri agroindustriale, purificarea biometanului.

## INTRODUCERE

Tehnologia de obținere a biogazului este una dintre cele mai vechi și cunoscute procese naturale de emisie a „gazului de mlaștină”. Ea permite crearea surselor alternative de energie și constituie obiectul de studiu al multor școli științifice din lume. Ca rezultat, tehnologia biogazului se aplică pe scară largă într-un șir de țări industriale din Europa și America. Exemplul Asiei de Sud-Est arată că mii și mii de instalații de biogaz de diferită capacitate funcționează deja utilizând tehnologia standard. Totuși, conținutul biometanului în componența biogazului nu depășește 60 ± 5% și procesul se caracterizează prin durată îndelungată de fermentare – de la 3 până la 10 zile, gradul de transformare a substanțelor organice din biomasă fiind doar 40-60%. Apele reziduale ce se formează conțin concentrații înalte de substanțe poluante ceea ce face necesară tratarea lor în condiții aerobe.

În Republica Moldova, procesul de dezvoltare a tehnologiilor de biogaz se află în faza inițială. Instalațiile de biogaz au fost construite și puse în funcțiune în Fărlădeni, Colonița și Drochia. Dezavantajele susmenționate ale acestei tehnologii rezultă în capacități scăzute de producere a biogazului, de aceea sunt necesare studii mai aprofundate în domeniul respectiv și elaborarea bazelor teoretice ale proceselor de metanogeneză la etapa digestiei biomasei.

În literatura științifică mondială sunt o mulțime de publicații în domeniul biogazului. Cu toate acestea, cercetările noastre din ultimii ani demonstrează că mai există modalități eficiente și destul de simple de modificare chiar și în cazul tehnologiei bine cunoscute. Așadar, am elaborat o serie de abordări inovatoare în domeniul respectiv care nu au analogie în lume, pentru a asigura competitivitatea proceselor propuse pe piața mondială a tehnologiilor de producere a biogazului.

În Republica Moldova există premise favorabile pentru dezvoltarea tehnologiei de biogaz, în special în sectorul agrar și în localitățile rurale. Țara noastră dispune de un spectru larg de diferite tipuri de biomasă organică – materie primă pentru procesele de fermentație care conduc la formarea biogazului [1-4]. Utilizarea lor rațională în agricultură va rezolva două mari probleme: prima – ecologică, prin diminuarea poluării mediului, și a doua – energetică, prin obținerea biogazului ca sursă regenerabilă de energie electrică și termică. În plus, reziduurile de la fermentare stabilizate pot fi aplicate pentru sporirea fertilității solului, iar apa tratată – în scopuri de irigare.

### MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Cercetările au fost realizate folosind borhoturile de la procesele de distilare care prezintă anumite dificultăți în realizarea epurării biologice aerobe – procedeul cel mai răspândit pentru epurarea apelor uzate. Substanțele componente ale borhoturilor sunt greu biodegradabile sau refractare și chiar toxice față de microflora care realizează epurarea biologică [5,6].

Procedeul de fermentare anaerobă a deșeurilor organice lichide cu utilizarea adaosurilor propuse include amestecarea acestor deșeuri cu ulei din materie primă vegetală conținând scualenă, precum și cu betulinol și derivații acestuia (sau alte substanțe biolo-

gic active – SBA) și fermentarea anaerobă în condiții mezofile la temperatura de  $32 \pm 2^\circ\text{C}$  în decurs de 1-2 zile cu obținerea biogazului. Componentele sunt luate în procente de la masa deșeurilor: scualenă 0,001-0,005%, betulinol 0,0015-0,0035% [7].

Scualena (2, 6, 10, 15, 19, 23-hexametiltetracoza, 6, 10, 14, 18, 22 2-hexaen), ca un component activ al uleiului vegetal utilizat și adaos metanogen, este o substanță naturală cu masa moleculară 410,73, hidrocarbură triterpenică nesaturată, aciclică, pretutindeni răspândită în organismele vii și în diferite componente biochimice ale acestora, inclusiv în uleiurile vegetale ale semințelor de amarant, unde conținutul de scualenă atinge 8-15%.

Betulinolul ( $\text{C}_{30}\text{H}_{50}\text{O}_2$ ) este o substanță organică cristalină care se conține în sucul și gudronul de mesteacăn. Betulinolul umple cavitatea celulelor țesutului de plută a cojii de mesteacăn, fapt care conferă culoarea albă tulpinii. El se extrage ușor din scoarța mesteacănului și conține legături triterpenice, principalul fiind betulină.

Testările tehnologice au fost efectuate folosind instalația experimentală de laborator (figura 1).

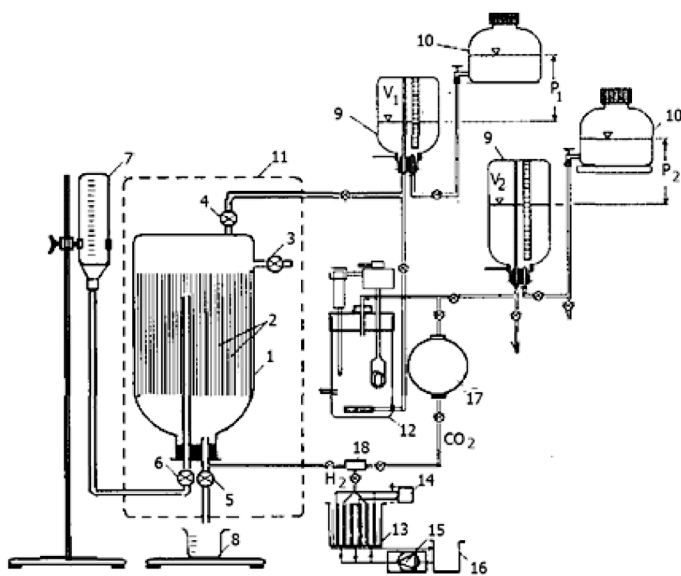
Amestecul biomasei a fost supus fermentării anaerobe în condiții mezofile în termostat la temperatura de  $32 \pm 2^\circ\text{C}$ . S-a evaluat timpul procesului fermentării anaerobe până la finalizarea procesului de eliminare a biogazului, modificarea valorilor CCO și CBO analizate prin metode standard, precum și conținutul biometanului în biogaz determinat prin metoda gaz-cromatografică.

### REZULTATE ȘI DISCUȚII

Cercetările noastre privind consecutivitatea proceselor biochimice au demonstrat că în primul stadiu al procesului biochimic (acetogenic) se elimină hidrogenul, iar după un anumit timp (1-2 zile) pe cromatograme se evidențiază formarea monoxidului de carbon (CO) și în continuare ambele vârfuri dispar și începe emiterea intensivă a biometanului (figura 2).

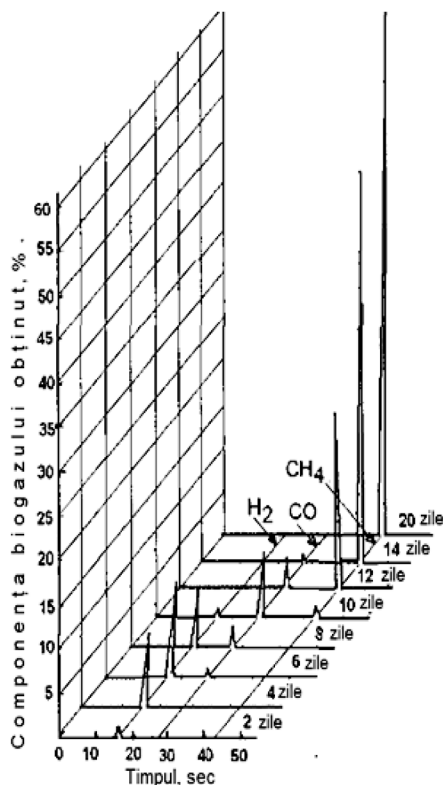
O particularitate a desfășurării procesului de fermentare în prima lui fază acetogenă este legată de eliminarea primară biochimică a hidrogenului molecular, apoi a CO și  $\text{CO}_2$ , care în faza metanogenă, afară de o serie de alte procese biochimice, sunt transformați în metan conform reacțiilor de formă generală:  $\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$  și  $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Rezultatele studiului influenței diferitor concentrații ale substanțelor biologic active asupra vitezei de formare, producției și volumului total al biogazului sunt prezentate în figura 3. Se vede că aplicarea bioadaosurilor sporește viteza de formare a biogazului de 3,5÷4 ori. Majorarea concentrațiilor acestor substanțe



**Figura 1.** Schema instalației de laborator pentru generarea biochimică a biogazului:

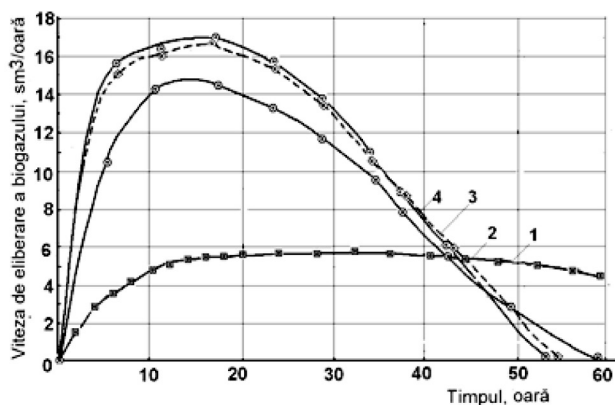
- 1 – bioreactor; 2 – umplutură pentru fixarea microorganismelor; 3-6 – ventile; 7 – vas cu soluție; 8 – vas;
- 9 – vas cu volum tarat; 10 – vase pentru păstrarea apei;
- 11 – termostat; 12 – echipament pentru epurarea biogazului;
- 13 – electrolizor; 14 – transformator; 15 – pompă;
- 16 – gazholder; 17 – vas de amestecare.



**Figura 2.** Cromatogramele componenteii biogazului în perioada incipientă a procesului metanogenic.

peste 5 mg/l nu este rațională deoarece aceasta nu a fost însoțită de vreo accelerare a degajării biogazului.

După cum a arătat analiza calitativă și cantitativă a compoziției biogazului, conținutul metanului în probele de control constituie 58-60%, în timp ce la adaosul substanțelor biologic active se atestă o creștere până la 89-92%. Astfel, a fost confirmată influența pozitivă a introducerii substanțelor bioactive (amarant+betulinol)

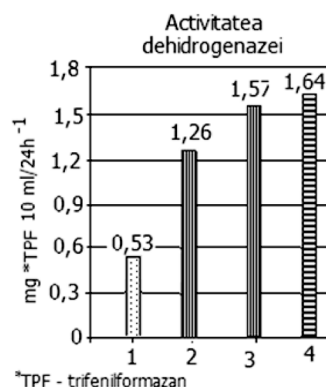


**Figura 3.** Variația vitezei de degajare a biogazului pe durata introducerii diferitor concentrații ale substanțelor bioactive amarant+betulinol (în raportul 1:1) în procesul de metanogeneză: 1 – control; 2 – 2,5 mg/l; 3,4 – 5 și 10 mg/l.

asupra conținutului de metan în biogazul degajat. În continuare s-au efectuat teste microbiologice ale substanțelor bioactive cu scopul verificării influenței posibile de activare sau inhibare a procesului metanogen de fermentare a borhotului de la distilarea grânelor, utilizând în calitate de criteriu activitatea dehidrogenazei – enzimei implicate în procesul de metanogeneză (figura 4).

S-a descoperit că la introducerea SBA activitatea dehidrogenazei crește. Explicația acestui fenomen poate fi racordată la structura moleculară a substanțelor bioactive aplicate. Se presupune că intensificarea fermentării anaerobe se datorează activității antioxidante, antihipoxante și amnimitagene a adaosurilor de betulinol, ale căror extracte stabilizează membranele celulare ale microorganismelor, le consolidează din punct de vedere al hipoxiei, reduc capacitatea oxidării peroxide a lipidelor și previn pericolul membranelor celulare. Aceasta conduce la accelerarea proceselor biochimice de metanogeneză și la majorarea producției de biogaz.

Concomitent, adaosul scualenei în calitate de substanță biologic activă, care are proprietate de capturare a oxigenului și de saturare a celulelor pe durată interacțiunii biochimice cu apă, asigură desfășurarea mai completă a metanogenezei. La rândul său, aceasta promovează o producție mai înaltă a biogazului și un conținut sporit de biometan în el. Specificul tehnologiei noastre rezidă în introducerea în componența amestecului de fermentare a unor substanțe organice naturale în concentrații extrem de mici (în ordinul de  $10^{-2}$ - $10^{-3}\%$ ), ceea ce permite intensificarea proceselor de metanogeneză și modificarea mersului reacțiilor biochimice în domeniul formării unor sau altor produse. În prezența soluției de scualenă și betulinol cu derivații acestora apare un efect de sinergie soldat cu o eficiență mai înaltă a fermentării anaerobe a substratului organic.



**Figura 4.** Efectul introducerii scualenei și a betulinolului, în comparație cu substanțele bioactive pure (extrase), asupra activității dehidrogenazei: 1 – control; 2 – scualenă 0,01%; 3 – betulinol 0,01%; 4 – (betulinol 0,005 + scualenă – 0,005).

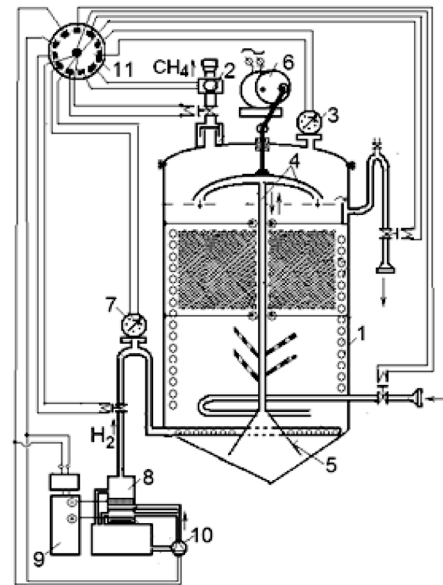
Astfel, se asigură realizarea obiectivelor preconizate care vizează intensificarea fermentării biochimice a deșeurilor agricole, creșterea eficienței prelucrării acestora, reducerea intensității energetice și a volumului manoperei, precum și sporirea randamentului biogazului și conținutului de biometan în el, destinat utilizării.

**Bioreactor combinat pentru obținerea biogazului.** Pentru a spori producția de biometan și a ridica gradul de puritate al acestuia, a asigura eficiența înaltă a procesului de obținere a biogazului de rând cu automatizarea controlului și dirijării lui, a fost elaborat bioreactorul combinat (figura 5). Specificul abordării tehnice propuse constă în dozarea suplimentară a hidrogenului electrolic la cel biohidrogen, care se degajă în faza metanogenă a procesului biochimic de producere a biogazului. Hidrogenul electrolic se introduce sub presiune ridicată în procesul biochimic, asigură o transformare mai completă a  $\text{CO}_2$  în metan, reduce cantitatea reziduală de  $\text{CO}_2$  în componența biogazului și, respectiv, majorează puterea calorică a biogazului.

În urma modificărilor făcute se asigură o eficientizare esențială a procesului biochimic din contul îmbinării următorilor factori de intensificare a tehnologiei de producere a biogazului: (i) posibilitatea efectuării procesului de fermentare anaerobă a biomasei în prezența microadaosurilor fitostimulente; (ii) desfășurarea procesului în condiții de presiune ridicată; (iii) intensificarea proceselor de schimb și transfer de masă în interiorul bioreactorului; (iv) posibilitatea introducerii unei cantități suplimentare echilibrate de hidrogen electrolic în raport cu conținutul rezidual de  $\text{CO}_2$  din biogaz, ceea ce conduce la majorarea producției de biometan în componența biogazului și, respectiv, a puterii sale calorice; (v) posibilitatea automatizării controlului și dirijării procesului biochimic.

Hidrogenul electrolic generat de electrolizor trebuie să posede o presiune mai mare decât cea din bioreactor, presiune fixată de manometru. Hidrogenul obținut se evacuează prin conductă cu sifonul și este introdus în zona inferioară a reactorului, în procesul biochimic. Hidrogenul gazos introdus suplimentar în amestecul de reacție asigură modificarea echilibrului componentelor spre domeniul desfășurării procesului biochimic de transformare anaerobă a  $\text{CO}_2$  conform reacției generale:  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ . Aceasta, majorând esențial cantitatea biometanului în componența biogazului format, permite creșterea puterii calorice a biogazului până la nivelul gazului natural.

Pentru obținerea hidrogenului electrolic și dozarea lui în procesul biochimic pot fi utilizate electrolizoarele industriale de presiune înaltă de tipul filtrelor-



**Figura 5.** Reactorul biochimic cu tensiune ridicată:

- 1 – corpul bioreactorului; 2 – sensor  $\text{CO}_2$ ;
- 3, 7 – manometrul; 4 – țeava centrală mobilă cu distribuitor; 5 – pâlnia; 6 – capatul de montaj;
- 8 – electrolizor pentru obținerea hidrogenului;
- 9 – regresator, 10 – pompă; 11 – postul de comandă.

prese și alte construcții de electrolizoare cu racordare bipolară a electrozilor [6]. Eficientizarea procesului de electroliză poate fi obținut de asemenea prin utilizarea electrolizorilor confecționați din materiale din nichel spumos acoperite cu aliaje Ni-Re, Ni-Mo sau Ni-W. Conform altor propuneri ale noastre anterioare, degajarea hidrogenului are loc la supratensiunea de 0,04-0,07V. Aceasta înseamnă că, de exemplu, în comparație cu electrozii de nichel, pe a căror suprafață potențialul de descărcare a hidrogenului constituie 0,6V, se asigură o reducere esențială a consumului de energie pentru procesul electrochimic. De menționat că pentru alimentarea electrolizorului de hidrogen poate fi utilizată energia electrică exclusiv de la instalația de cogenerare care funcționează cu biogaz, ceea ce exclude necesitatea consumului de energie de la alte surse externe.

Un factor de intensificare în condițiile presiunii ridicate în bioreactor constituie majorarea concentrației componentelor care interacționează în urma reducerii volumului fazei gazoase. În același timp, conform stoichiometriei reacțiilor de formare a metanului și în corespundere cu legea lui Le Chatelier, la interacțiunea  $\text{CO}$  și  $\text{CO}_2$  pentru formarea unei molecule de  $\text{CH}_4$  sunt necesare 3 și 4 molecule de  $\text{H}_2$ , respectiv. De aceea concentrația de echilibru a componentelor inițiale se micșorează, iar procesul decurge cu reducerea volumului. În consecință, ridicarea presiunii în bioreactor conduce la majorarea concentrației și a vitezei reacției gazoase, iar producția de biometan în aceste condiții este în continuă creștere.



Experimentele au stabilit că în urma ridicării presiunii în bioreactor, fapt prevăzut de soluția propusă, cantitatea de metan în componența biogazului crește de la 65% până la 90-95% și mai mult, restul reprezentând în principal  $\text{CO}_2$ . De aceea soluția propusă de noi de desfășurare a procesului biochimic la presiune ridicată în bioreactor reprezintă unul din factorii importanți care contribuie la accelerarea procesului biochimic, ceea ce conduce la o creștere esențială a conținutului biometanului în componența biogazului în cantitate de produs final cu destinație specială.

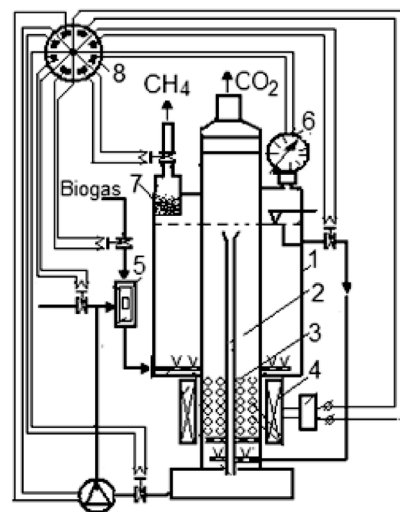
În acest fel, biogazul, obținut de obicei în bioreactoarele de fermentare anaerobă a deșeurilor organice cu un conținut de metan de 62% și o putere calorică de  $5232 \text{ kcal/m}^3$ , în formă concentrată cu 95-97% conținut de metan, își majorează puterea calorică de 1,5 ori constituind  $8010 \text{ kcal/m}^3$ .

Așadar, tehnologia noastră include o abordare tehnică, tehnologică și biochimică complexă de obținere a biogazului în baza unei materii prime care reprezintă diferite produse secundare și deșeuri agricole ale industriei de prelucrare. Procedul poate fi utilizat pentru epurarea apelor uzate de mare încărcare cu poluanți, provenite din întreprinderile agricole și de prelucrare a producției agricole, cu obținerea biogazului și producerea, în baza lui, a energiei termice și electrice, a nămolurilor stabilizate care pot servi în calitate de îngrășăminte sau adaosuri nutritive vitaminizate pentru hrana vitelor, concomitent asigurându-se protecția mediului înconjurător și dezvoltarea durabilă socio-economică [7].

Datorită acestor noi abordări tehnice se intensifică procesul de producere a biogazului în condițiile de fermentare anaerobă a biomasei, sporește esențial eficiența procesului biochimic, crește producția de biometan și gradul de puritate a acestuia concomitent cu posibilitatea de automatizare a controlului și dirijării procesului de obținere a biogazului.

**Dispozitiv pentru purificarea biogazului.** În scopul eficientizării procesului de purificare a biogazului (biometan, precum și biohidrogen) de gazele impurificatoare însoțitoare, simplificării și ieftinirii acestui proces prin excluderea utilizării reactivelor și formării sedimentelor dificil de utilizat, a fost elaborat un dispozitiv special (figura 6).

Dispozitivul include un vas ermetic separator cu ștuțuri de alimentare și evacuare a biogazului purificat în care sunt amplasate niște casete schimbabile umplute cu material absorbant de apă, este dotat cu un barbotor, senzor de presiune și conducte cu ventile electromagnetice. Totodată, dispozitivul dispune suplimentar de un saturator, un ștuț de introducere sub presiune a amestecului de apă-gaz, un separator erme-



**Figura 6.** Schema dispozitivului pentru purificarea biogazului:  
 1 – vasul ermetic; 2 – camera de magneto-fluidizare și desorbție  $\text{CO}_2$ ; 3 – sferele magnetice;  
 4 – solenoidul; 5 – saturatorul; 6 – manometrul;  
 7 – filtrul de zeolit; 8 – aparat de comanda.

tic absorbant dotat cu un nivelmetru, un manometru cu contacte electrice și un desorber de tip deschis. În interior e amplasată o umplutură sferică magnetică, din partea exterioară a căreia este montat un solenoid conectat cu un potențiomteru. O țevă centrală de evacuare este conectată la un rezervor și o pompă de recirculare, precum și la un tablou de comandă conectat comutativ cu ventilele electromagnetice, cu un manometru, potențiomteru și pompă de recirculare.

Bioxidul de carbon ( $\text{CO}_2$ ) și impuritățile de hidrogen sulfurat ( $\text{H}_2\text{S}$ ), datorită solubilității lor mari în comparație cu metanul, se degajează ușor din apă mai cu seamă prin aplicarea fluidității magnetice, iar apa epurată poate fi recirculată multiplu în ciclul de purificare absorbtiv/ desorbtiv. Procesele care au loc în dispozitivul propus sunt caracterizate în felul următor. Dacă solubilitatea  $\text{CO}_2$  în apă la temperatura de  $10^\circ\text{C}$  și presiunea 1 atm constituie  $1194 \text{ ncm}^3/\text{dm}^3$ , apoi la 10 atm ea se ridică până la 10300, iar la 15 atm – până la 15300  $\text{ncm}^3/\text{dm}^3$ . În același timp, solubilitatea ridicată a  $\text{CO}_2$  în apă conduce la formarea parțială a hidrocarbonaților și carbonaților conform reacțiilor:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$  și  $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}^+ + \text{HS}^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ . Din punct de vedere chimic, ionul de  $\text{H}^+$  reprezintă întotdeauna un acid. Cu majorarea acidității apei echilibrul reacțiilor menționate se deplasează în stângă, sporind cantitatea de  $\text{CO}_2$  și  $\text{H}_2\text{S}$  moleculare, care fiind solubile se degajează ușor în degazor în condiții de fluidizare.

Pentru crearea stratului magnetofluidizat sunt necesare: inducția restantă a particulelor mai mare de

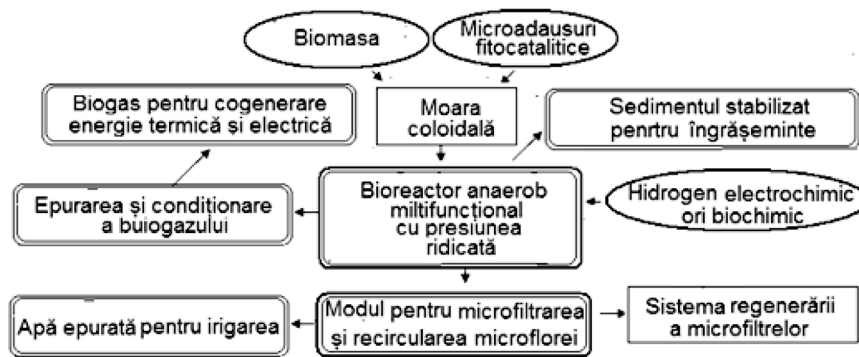


Figura 7. Conceptul tehnico-științific de obținere și condiționare a biogazului în condiții avansate.

0,05 Tesla, puterea coercitivă a particulelor  $H_c > 900$  Oersted, un diapazon de frecvență de  $10 \pm 200$  Hz la o variație a dimensiunilor particulelor de la 3 până la 7 mm, inducția câmpului magnetic –  $0,04 \pm 0,1$  Tesla.

În baza cercetărilor noastre a fost elaborat un nou concept tehnico-științific (figura 7) de creare a unei „producții mai pure” și eficiente prin tehnologii intensificate biochimic pentru obținerea biometanului în baza fermentării deșeurilor din întreprinderile agroindustriale. Conceptul nou implică tehnologiile intensificate de obținere a biogazului prin fermentare anaerobă a substratului organic și include următoarele aspecte: (i) utilizarea substanțelor biologic active (SBA) ce sporesc productivitatea proceselor biochimice și randamentul biometanului în componența biogazului pentru obținerea unui conținut mai înalt de metan în biogaz și utilizarea acestuia în vederea obținerii căldurii și energiei electrice; (ii) crearea noilor tipuri de bioreactoare cu transfer de masă îmbunătățit pentru a spori gradul de epurare a apelor uzate, cu controlul automat asupra procesului; (iii) elaborarea sistemelor de epurare și condiționare a biometanului cu atingerea conținutului caloric înalt al biogazului rezultat; (iv) obținerea sedimentelor stabilizate cu proprietăți determinate, în funcție de calitatea și cantitatea biomasei utilizate și a metodelor de utilizare.

## CONCLUZII

1. S-a demonstrat că adăugarea extractului de amarant, betulină, precum și de alte substanțe naturale biologic active are capacitatea de a stimula creșterea bacteriilor heterotrofe aerobe, care pot fi utilizate în etapa aerobă de eliminare a deșeurilor lichide vinicole și a celor produse prin distilarea vinului, precum și de a îmbunătăți pregătirea acestora pentru etapa anaerobă. A fost studiat mecanismul efectelor biologi-

ce al aditivilor asupra procesului de metanogeneză și, în general, asupra microorganismelor.

2. S-a elaborat și testat bioreactorul combinat pentru producerea biometanului în condiții intensificate. Pentru a ridica randamentul biometanului în componența biogazului, bioreactorul este prevăzut cu un reactor electrochimic compact și mobil pentru obținerea hidrogenului, care este introdus suplimentar în amestecul de fermentare. A fost investigată o nouă abordare pentru a reduce intensitatea energetică a proceselor de producție electrochimică a hidrogenului cu ajutorul unui produs chimic – aliaj catalitic Ni-Re depus pe electrozii cu volum poros, oferind o reducere semnificativă a supratensiunii în evoluția pe bază de hidrogen.

3. A fost elaborată și testată în condiții de laborator instalația pentru purificarea biometanului de gazele poluante ( $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ), care include reactorul de absorbție a gazelor în mediu apos și uscarea biogazului într-un filtru cu zeolită printr-un sistem de dirijare automată a procesului.

4. În baza proceselor și a instalațiilor elaborate stau o serie de inovații proprii ce conțin elemente „know-how”.

*Lucrarea a fost realizată cu suportul financiar al Programului de Stat 11.832.08.11A „Epurarea complexă anaerobă a apelor reziduale provenite de la industria de producere a alcoolului cu obținerea biogazului și sedimentelor”, precum și al Proiectelor STCU Nr. 5832 și Nr. 5998. Ciclul de lucrări în domeniul tehnologiei de biogaz a fost distins cu Premiul Internațional „Energy Global Award”, Austria, 2015.*

*Autorul aduce mulțumiri colegilor săi care au participat la executarea lucrărilor experimentale și discutarea rezultatelor – dr. hab. V. Bobeică, dr. Olga Covaliova, dr. V. Nenno, dr. Irina Senicovscaia.*



## BIBLIOGRAFIE

1. Anuarul statistic al Republicii Moldova 2011. Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova. Chișinău, 2011. 572 p.
2. Duca Gh., Covaliova Olga, Covaliov V. Auditul Ecologic. Chișinău: CE USM, 2001. 260 p.
3. Produse vinicole secundare. Red. acad. Gh. Duca, AȘM, Chișinău, IEP „Știința”, 2011. 352 p.
4. Covaliov V., Covaliova Olga, Duca Gh., Gaina B. Основы процессов обезвреживания экологически вредных отходов виноделия. Кишинэу, 2007. 344 с.
5. Brevet nr. 4189 MD. Procedeu de fermentare anaerobă a deșeurilor organice lichide. Covaliov V., Bobeică V., Ungureanu D., Covaliova Olga, Duca Gh., Nenno V., Senicovscaia Irina. Publ. BOPI, nt.12, 2012.
6. Brevet nr. 322Y MD. Electrolizor compact pentru obținerea hidrogenului. Covaliova Olga, Covaliov V., Duca Gh. Publ. MD-BOPI nr. 1, 2011.
7. Brevet nr. Nr.4244. Reactor anaerob combinat pentru obținerea biometanului. Covaliov V., Covaliova Olga, Ungureanu D., Nenno V., Ioneț I., Sliusarenco V., Bobeică V. Publ. BOPI, nr. 7, 2013.



Ilie Bogdesco. Pictura murală din foaiorul Casei de Cultură din Chițcani, raionul Slobozia (fragment), 1968