

Invenția se referă la instalații pentru obținerea biometanului în componența biogazului și poate fi utilizată în diferite ramuri ale agriculturii și industriei de prelucrare.

Biogazul reprezintă o sursă regenerabilă de energie, și are drept obiectiv intensificarea procesului de obținere a biometanului prin implementarea unor particularități constructive și prin introducerea în el a unor adaosuri biologice active stimulative pentru majorarea producției de biometan, creșterea gradului de purificare și reducerea costului. Invenția include un proces complex tehnic, tehnologic și biochimic de obținere a biogazului, folosind ca materie primă deșeurile agricole și ale industriei prelucrătoare, cum ar fi borhotul de alcool sau divin. În această ordine de idei invenția propusă poate fi aplicată pentru epurarea apelor uzate de înaltă încărcare ale întreprinderilor agroindustriale pentru obținerea biogazului și pe baza acestuia a energiei electrice și termice, a nămolurilor stabilizate, care pot servi în calitate de fertilizanți sau adaosuri vitaminizate pentru hrana animalelor, cu asigurarea aceluiași timp de protecție a mediului înconjurător și de dezvoltare socio-economică durabilă.

Este cunoscut un bioreactor anaerob pentru decontaminarea compușilor organici greu biodegradabili, care conține un corp, conducte de admisie și de evacuare a lichidului tratat, un suport solid pentru fixarea microflorei și un strat de microfloră granulară, precum și conducte de evacuare a nămolului și biogazului, un hidrolizor și un generator de câmp electromagnetic rotativ [1].

Acest bioreactor nu asigură o capacitate suficientă a procesului și o producție majoră de biometan pentru utilizare.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este majorarea producției de biometan și a gradului de purificare a lui, asigurarea eficienței procesului în flux continuu și reducerea cheltuielilor materiale și de exploatare.

Reactorul anaerob combinat pentru obținerea biometanului înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că este constituit dintr-un bioreactor cu corp cilindric cu fund conic, unit cu un ștuț de evacuare a nămolului. În bioreactor este amplasată o încărcătură pentru fixarea microflorei și un indicator de nivel. În partea superioară a bioreactorului este instalat un rezervor, dotat cu un indicator de nivel, iar la trecerea din rezervor în corp este amplasată o supapă cu flotor. Pe rezervor este amplasat un agitator electromagnetic, care conține particule metalice dintr-un material magnetic moale, un generator de câmp electromagnetic rotativ, conectat la un variator de curent trifazat, un ștuț de alimentare cu lichid supus tratării și un ventil pentru evacuarea lui în rezervor. În partea inferioară a bioreactorului este instalat un receiver, care este dotat cu un indicator de nivel automat, conectat la un bloc de comandă, cuplat cu o pompă, dotată cu un ejector metan-lichid, care, prin intermediul unei conducte de aspirație a biometanului, comunică cu partea superioară a bioreactorului. Ejectorul este racordat la un pulverizator și la un aspirator, amplasat la fundul corpului. În partea inferioară a receiverului este racordat un ștuț cu un ventil de reglare și o conductă de recirculare, unită la o pompă, care este cuplată cu blocul de comandă și unită cu un ejector de lichid, unit cu un electrogenerator cu diafragmă de hidrogen și un distribuitor perforat, amplasat deasupra aspiratorului. În partea superioară a receiverului este montat un furtun, unit printr-un sifon cu o cameră de absorbție, umplută cu cărbune activat pentru purificarea biometanului de compuși sulfuroși, racordată la corp și dotată cu un dispozitiv de acționare cu vibrație și un ștuț de evacuare a metanului cu un ventil.

Rezultatul tehnic al invenției constă în următoarele.

La alimentarea cu curent alternativ a generatorului, care poate fi un stator standard de electromotor, se formează un câmp electromagnetic rotativ, sub acțiunea căruia particulele metalice, cilindrice sau de altă formă, confecționate dintr-un material magnetic moale, cum ar fi oțelul cu conținut mic de carbon, care se află în interiorul corpului magnetic al agitatorului electromagnetic și cantitatea cărora variază între 2,6 și 5,5% vol., încep a se roti haotic și a se ciocni, formând un strat magnetic fluidizat. Raportul optim dintre lungimea acestor particule și diametrul lor (l/d), pentru diametrul de 1,5 mm, se află în limitele 5...6. Totodată, conform datelor cunoscute, particulele se rotesc în jurul axelor lor cu o viteză unghiulară variabilă, deplasându-se haotic în volumul stratului cu o viteză unghiulară (φ), care are valorile probabile medii:

$$\varphi = 0,415 \cdot 102B - 0,45(l/d) - 0,52d - 0,28C - 0,25[l(R-r)] \quad 0,03.$$

Afară de aceasta, are loc o rotație circulară de translație rotativă a întregului strat global în direcția rotirii câmpului cu valorile cele mai probabile ale vitezei mișcării de translație (ω):

$$\omega = 0,327 \cdot 10 - 2B0,82(l/d) - 0,13d - 0,28C0,25[l/(R-r)] - 0,83,$$

unde l/d este criteriul parametric de similitudine (l - lungimea, d - diametrul particulelor);

B - intensitatea câmpului electromagnetic, T1;

$R-r = \Delta R$ - distanța dintre electrozi;

C - concentrația particulelor în volumul agitatorului electromagnetic.

Un atare caracter al mișcării haotice a particulelor metalice și al ciocnirilor între ele conduce la faptul că particulele mecanice solide, cum ar fi particulele mari de crupe de grâu sau porumb, conținute în borhotul de la producerea alcoolului și reprezentând celuloza, sunt supuse unei acțiuni mecanice și magnetohidrodinamice intensive, în urma căreia are loc nu numai mărunțirea lor, dar și omogenizarea prin dezagregarea parțială a legăturilor intermoleculare până la starea gelatinoasă sau solubilă în apă.

La aceasta contribuie și acțiunea câmpului magnetic, care înlesnește ruperea legăturilor polimerice ale compușilor macromoleculari și creșterea masei organice acceptabile în calitate de hrană a microflorei în procesele biochimice de fermentare anaerobă, precum și, respectiv, creșterea producției de biometan.

Concomitent, se asigură posibilitatea amestecării uniforme a microorganismelor biologice active stimulative, introduse în mod special în lichidul supus tratării, cum ar fi compușii seriei triterpenice, acțiunea cărora accelerează desfășurarea proceselor de fermentare anaerobă, ceea ce majorează producția de biogaz.

Condițiile de vidare a bioreactorului cu ajutorul sistemului de ejectoare asigură evacuarea în flux continuu a biogazului, contribuie la majorarea producției lui, deoarece în lipsa acestora microbulele de gaze degajate (CH₄, CO₂ etc.) sunt adsorbite de microorganismele, ceea ce conduce la inhibarea desfășurării procesului biochimic.

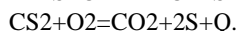
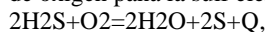
Ejectarea este asigurată prin funcționarea pompei care evacuează o parte din lichidul tratat în partea inferioară a bioreactorului, aspirând biogazul cu formarea unei faze gaz-lichid. Totodată se creează condiții, datorită cărora bioxidul de carbon conținut în biogaz, solubilitatea căruia în mediul acvatic este mai mare decât a metanului, se dizolvă în receiver. În urma pulverizării fazei gaz-lichid, biometanul se degajă într-o formă mai concentrată și, ulterior, este îndreptat spre purificarea avansată, iar CO₂ saturează faza lichidă și este evacuat în partea inferioară a receiverului, unde cantitatea lui este controlată cu ajutorul unui indicator automat de nivel.

Pe măsura atingerii nivelului prestabilit de lichid în vasul receiverului, semnalul căruia este transmis blocului de comandă, acesta, la rândul său, pune în funcțiune pompa de recirculare și ejectorul gaz-lichid trage hidrogenul de electroliză din electrogeneratorul cu diafragmă de hidrogen. În acest timp are loc amestecarea H₂ cu CO₂ conținut în lichidul, care intră din nou în procesul metanogen. Astfel, recircularea lichidului supus tratării intensifică procesul schimbului și transportului de masă în bioreactorul care conține o încălzitoare pentru fixarea microflorei și, concomitent, conduce la interacțiunea biochimică a ambelor gaze în condițiile metanogene și transformarea lor cu forma biometanului conform reacției generale: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Hidrogenul din componența biogazului, ca și CO₂, se degajă la faza acetogenă a procesului biochimic al fermentării anaerobe. Însă cauza cantității ridicate de CO₂ în componența biogazului, care se formează în condiții standard de fermentare anaerobă a deșeurilor organice lichide, este cantitatea insuficientă de H₂, de aceea introducerea suplimentară a hidrogenului electrolizat asigură un raport balansat al gazelor, apropiat de cel stoichiometric, și o producție majorată a biometanului în procesul biochimic sumar.

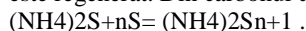
Intensificarea proceselor de schimb de masă în bioreactor favorizează amplificarea acțiunii microadaosurilor biologice active și dezvoltarea efectului sinergetic al structurii chimice triterpenice, de exemplu, care conduce la majorarea capacității procesului biochimic al fermentării anaerobe a deșeurilor lichide organice și creșterea producției de biometan până la valori maxime.

Biogazul admis din receiver conține, de asemenea, un șir de impurități, dintre care cele mai agresive sunt compușii sulfuroși, care sunt supuși purificării avansate într-o cameră de absorbție umplută cu cărbune activat în calitate de catalizator al proceselor redox. Datorită acestuia, hidrogenul sulfurat, sulfurul, carbonul sau mercaptanii sunt oxidați de oxigen până la sulf elementar conform reacțiilor:

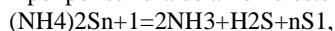


Reacția este accelerată în prezența amoniacului în concentrații de până la 0,39 g/m³, care în mod normal întotdeauna se conține în biogaz în cantități mici. Temperatura optimă a acestui proces este de 20...40°C. În legătură cu efectul caloric mare, aceste reacții au loc cu o intensitate înaltă a procesului.

La acumularea a cca 100% de sulf din masa carbonului, reacțiile de oxido-reducere sunt frânate și carbonul activat este regenerat. Din carbonul uzat sulfurul este extras cu soluție de sulfură de amoniu:



Apoi polisulfura de amoniu este descompusă la încălzire cu degajare cu sulf elementar:



care este un produs comercial de calitate bună.

Cărbunele activat se încarcă în camera de absorbție în straturi: primul strat de jos are dimensiuni mari ale particulelor (cca 10 mm), urmează apoi stratul cu dimensiuni de 2...4 mm și, în sfârșit, stratul superior de 1...2 mm. Gradul necesar de purificare este obținut la o viteză a biogazului de până la 80 mm/s.

Datorită regenerării, carbonul activat poate fi utilizat pe termen lung, pe parcursul a doi și mai mulți ani.

Invenția se explică prin desenul din figură, în care este reprezentată schema reactorului anaerob combinat pentru obținerea biometanului.

Reactorul anaerob combinat pentru obținerea biometanului este constituit din bioreactorul 2 cu corpul cilindric 1 cu fund conic, unit cu ștuțul 3 de evacuare a nămolului, încălzitura 4 pentru fixarea microflorei, indicatorii de nivel 5 și 6 pentru înregistrare, dispozitivul 7, compus din flotorul 8 și supapa 9, rezervorul 10, agitatorul electromagnetic 11 cu ștuțul 12 de alimentare cu lichid supus tratării și ventilul 13 pentru evacuarea lui în rezervorul 10. În interiorul agitatorului electromagnetic 11 sunt plasate particulele metalice 14 dintr-un material moale, iar în exterior – generatorul 15 de câmp electromagnetic rotativ, conectat la variatorul 16 de curent trifazat. În partea inferioară a bioreactorului 2 este instalat receiverul 17, care este dotat cu indicatorul de nivel automat 18, conectat la blocul de comandă 19, cuplat cu pompa 20, dotată cu ejectorul 21 metan-lichid, care, prin intermediul conductei 24 de aspirație a biometanului, comunică cu partea superioară a bioreactorului 2, totodată ejectorul 21 este racordat la pulverizatorul 25 și la aspiratorul 23 prin conducta 22. În partea inferioară a receiverului 17 este racordat ștuțul 26 cu ventilul de reglare 27 și conducta de recirculare 28, unită la pompa 29, care este cuplată cu blocul de comandă 19 și unită cu ejectorul 30 de lichid, unit cu electrogeneratorul 31 cu diafragmă de hidrogen, care este dotat cu clapeta de reținere 32 și cu distribuitorul perforat 33, amplasat deasupra aspiratorului 23. În partea superioară a receiverului 17 este montat furtunul 34, unit prin sifonul 35 cu camera de absorbție 36, umplută cu cărbune activat 37 pentru purificarea biometanului de compuși sulfuroși, racordată la corpul 1 și dotată cu dispozitivul de acționare 38 cu vibrație și ștuțul 39 de evacuare a metanului cu ventilul 40.

în calitate de electrogenerator cu diafragmă de hidrogen poate fi utilizată oricare din construcțiile cunoscute, însă cea mai bună dintre acestea este electroreactorul cu diafragmă, dotat cu electrozi plați sau poroși în flux continuu, cu suprafața modificată cu aliaje Ni-Re, Ni-W sau Ni-Mo, care posedă o supratensiune joasă de degajare a hidrogenului și un consum redus de energie electrică. Alimentarea lor cu curent electric poate fi realizată de la instalațiile de cogenerare, care funcționează cu biogaz în cadrul instalațiilor de epurare.

Reactorul anaerob combinat pentru obținerea biometanului funcționează în modul următor.

Înainte de începutul funcționării și pentru acționarea reactivului, în deșeurile lichide, cum ar fi borhotul de alcool și divin, sunt introduse microcantități de adaosuri biologice active naturale din grupul compușilor triterpenici ai procesului de metanogeneză prin ștuțul 12 în agitatorul electromagnetic 11 și se conectează sursa la curent alternativ de la variatorul 16 la generatorul 15 și, în urma apariției câmpului electromagnetic rotativ, particulele metalice 14 încep o rotație haotică intensă, agitând lichidul cu adaosuri și omogenizând particulele mecanice 14 conținute în el. Apoi se deschide ventilul 13 și amestecul omogenizat trece în rezervorul 10 și, prin dispozitivul 7 cu flotor 8 deschis și supapa 9, se revărsă în bioreactorul 2, care prealabil este umplut cu încărcătura 4 pentru fixarea microflorei. Pentru inițierea fermentării metanogene împreună cu lichidul supus tratării poate fi introdusă microflora activă din instalațiile analoge ale bioreactoarelor anaerobe în funcțiune. Din momentul atingerii nivelului prestabilit al lichidului în bioreactorul 2, indicat de indicatorul de nivel 5, flotorul 8 cu supapa 9 se ridică la suprafață și închide revărsarea lichidului din rezervorul 10, iar în bioreactorul 2 se desfășoară procesul de fermentare metanică.

După aceasta se pune în funcțiune pompa 20 și lichidul supus tratării trece prin aspiratorul 23, conducta 22 și ejectorul 21, creând vid, datorită cărui biogazul este aspirat în el cu formarea unui amestec gaz-lichid, care este refulat sub presiune în pulverizatorul 25, montat în receiverul 17, umplându-l până la nivelul stabilit, care este controlat de indicatorul de nivel automat 18.

Vacuumarea pernei de gaz, realizată de ejectorul 21 de deasupra suprafeței lichidului supus tratării din bioreactorul 2, amplifică degajarea gazului din el, ceea ce reduce posibilitatea inhibării de către biogaz a activității microorganismelor și o intensifică, conducând la majorarea eficienței globale a procesului de degajare a biogazului. Pe parcursul pulverizării amestecului gaz-lichid, metanul slab solubil în mediul apos și alți componenți gazoși se acumulează în zona superioară a receiverului 17 și, prin furtunul 34 și sifonul 35, se evacuează în camera de absorbție 36, umplută cu cărbunele activat 37, unde se purifică de compuși agresivi cu conținut de sulfuri și se elimină prin ștuțul 39 cu ventilul 40 deschis pentru a fi ulterior utilizați. Pentru evitarea aglutinării cărbunelui activat 37 și reducerea rezistenței hidraulice a fluxului gazos, poate fi conectat periodic sau permanent dispozitivul de acționare 38 cu vibrație pentru fluidizarea umpluturii de cărbune.

Concomitent cu acest proces, lichidul supus tratării și saturat cu dioxid de carbon (CO₂), care se acumulează în partea inferioară a receiverului 17, la semnalul indicatorului de nivel automat 18, prin intermediul blocului de comandă 19, cupleză pompa 29, care prin conducta de recirculare 28 aspiră lichidul în ejectorul 30 de lichid, unde datorită efectului de vidare, prin clapeta de reținere 32, aspiră hidrogenul generat în electrogeneratorul 31 cu diafragmă de hidrogen și saturează cu el lichidul, care este apoi refulat prin distribuitorul perforat 33 din nou în bioreactorul 2, asigurând regimul de recirculare. Datorită faptului că în faza gazelor de fermentare se conțin până la 30% vol. de CO₂, care posedă o solubilitate superioară în apă, acesta rămâne parțial în componența lichidului îmbogățit cu el. De aceea, în procesul biochimic metanogen, CO₂ și alte produse intermediare ale fermentării reacționează cu hidrogenul introdus, contribuind prin aceasta la majorarea eficienței de producere a metanului și, în general, a conținutului de biometan în componența biogazului.

Recircularea lichidului supus tratării cu ajutorul pompei 29 prin conducta 28, ejectorul 30 și distribuitorul perforat 33 din receiverul 17 în bioreactorul 2, conduce la tulburarea conținutului acestuia, contribuind prin aceasta la crearea unor condiții favorabile de schimb și transferul de masă, amplificând degajarea lui și ridicarea bulelor de gaze CH₄ și CO₂ absorbite la suprafață, ceea ce conduce la intensificarea dezvoltării activității microorganismelor. Un rol important în procesul metanogen i se atribuie influenței stimulatoare a microadaosurilor de substanțe biologice active în componența lichidului supus tratării, care joacă un rol dublu: accelerează productivitatea procesului de metanogeneză și servesc drept factor suplimentar în majorarea producției de biometan în componența biogazului.

Continuitatea procesului biochimic de fermentare metanogenă a deșeurilor lichide organice este asigurată prin reglarea evacuării unei părți de lichid tratat prin ștuțul 26 și ventilul 27, iar nămolul format în bioreactorul 2 este evacuat periodic prin ștuțul 3, de asemenea, datorită prezenței dispozitivului 7 cu flotor 8 plasat între rezervorul 10 și bioreactorul 2, care asigură introducerea automată în flux continuu în bioreactor a unei cantități de lichid supus tratării. Menținerea nivelului prestabilit al lichidului în receiverul 17 se asigură în mod automat cu ajutorul indicatorului de nivel automat 18 și al blocului de comandă 19, care semnalizează cuplarea și decuplarea pompelor 20 și 29.

În acest mod se obține realizarea obiectivelor propuse de majorare a producției de biometan și a gradului necesar de purificare a acestuia, de asigurare a eficienței procesului în condiții de flux continuu, de reducere a cheltuielilor materiale și de exploatare, respectiv, de ieftinire a procesului. Prin acțiune complexă asupra procesului de fermentare anaerobă a deșeurilor lichide organice prevăzute în bioreactorul anaerob combinat propus se asigură reducerea suprafețelor de producție și a investițiilor capitale datorită majorării productivității proceselor biochimice, conținutul biometanului poate atinge valori de până la 94...97% vol., ceea ce este similar cu gazul natural și posedă o capacitate calorică mai mare la utilizarea lui.