

Ж.Н. Кайпова¹, М.И. Сатаев¹, А.В. Гарабаджиу², С.Н. Редюк³

¹М.О.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент;

²Санкт-Петербургтің мемлекеттік технологиялық институты, Ресей;

³Оңтүстік-әдіскерлік университеті, Даллас штаты, АҚШ

(E-mail: zhanar.kaipova@mail.ru)

Биогازдан жоғары концентрациялы метанды алу технологиясы

Мақалада биогазды алудың және оны мембраналық тазартудың технологиясы мен аппаратуралық-технологиялық шешімдері жасалды. Субстраттық қоспадағы оҚЗ құрамы мен жаңа субстраттың бір тоннасына шаққанда CH_4 шығымы арасындағы, субстраттық қоспадағы оҚЗ құрамы мен оҚЗ бір тоннасына CH_4 шығымы арасындағы өзара байланыс, метанды шоғырландыру кезінде мембрананың өтімділігіне қысымның әсері, биогаз қондырғысының техникалық өлшемдері, құрамдық сипаттамалары, субстраттың орташа сапасы, газдың сапасы мен шығымы табылды. Биогазды тазартудың екі сатылы сұлбасы сынақпен жүзеге асты. Аталған зерттеудің нәтижелері көрсеткендей, биогаз өндірісі экономикалық көзқарас тұрғысынан ауылшаруашылығының тиімді саласы болып табылады.

Кілт сөздер: биогаз, метан, технология, мембраналық қоюландыру, субстраттық қоспа, сапа.

Кіріспе

Соңғы жылдары биогаз өндіру процестеріне айтарлықтай қызығушылық артты — бұл жоспарланған және тұрғызылып жатқан биогаз қондырғыларының ұдайы өсіп келе жатқан мөлшерінде ғана емес, сонымен қатар осы сектордың дамуын мұқият бақылап отырған фермерлер, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылықтар, кәсіпорындар, жеке шаруашылықтар қызығушылық санының артуымен көрінеді [1].

Биогаз — мал, құс шаруашылығы, тұрмыстық қалдықтар, өсімдік қалдықтары, сарқынды сулар және т.б. қатты және сұйық қалдықтарынан алынған өте арзан экологиялық отын. Өзінің сипаттамалары бойынша биогаз табиғи газға жақын [2].

Ластанудан қоршаған ортаны қорғау үшін қойылған жоғарылатылған талаптар, барлық қалдықтарды қайта өңдеу құнының ұдайы артуы, биомассаны анаэробты қорытуға деген қызығушылықты оятты [3]. Оның әлемдегі жалпы қоры 1,836 трлн т құрайды, бұл мұнайдың 640 млрд т баламалы. АҚШ, Ұлыбритания, Германия, Швейцария елдерінде биогазды қаланың қоқыс полигондарында, фермерлік шаруашылықтарда, сондай-ақ канализациялық-тазарту жүйелерінің шөгінділерінен алады. Мысалы, АҚШ-та (Калифорния штаты) кен өңдеуге арналған зауыт күнделікті 27,0 мың м^3 биогаз береді, ол муниципалдық жылу электр станциясына келіп түседі. Биогаздың көп мөлшері қалалық қоқыс полигондарындағы қондырғылардан алады.

Қазақстанда энергияны өндіру үшін биомассаның тұрақты көзі мал шаруашылығы өнімдерінің қалдықтары болып табылады. Құрғақ салмағы бойынша мал мен құс шаруашылығы қалдықтарының жылдық шығымы — 22,1 млн т, немесе 8,6 млрд м^3 газ (ірі қара мал — 13 млн т, қой — 6,2 млн т, жылқы — 1 млн т); өсімдік қалдықтары — 17,7 млн т (бидай — 12 млн т, арпа — 6 млн т, немесе 8,9 млрд м^3), бұл 14–15 млн т шартты отынға, немесе 12,4 млн т мазутқа, немесе өндірілетін мұнайдың жартысынан көбіне баламалы [4]. Мал мен құс санының азаюына қарамастан, қазірдің өзінде жинақталған мал шаруашылығы қалдықтарын өңдеудің келешегі бар. Оларды өңдеу есебінен биогаздың жылына 2 млн т шартты отынын алу мүмкін. Бұл газды электргазгенераторларында өңдеу арқылы жыл сайын 35 млрд кВт*сағ (ауылшаруашылығы үшін қажетті 19 млрд кезінде жалпы электр энергиясын тұтынудың жартысы) және 44 млн Гкал жылу энергиясын алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар электр энергиясын өндіру үшін биогазды пайдалану, энергияның өзіндік құнын 0,025–0,075 долл./кВт*сағ құрайды, бұл кезде дәстүрлі көздерден алынған электр құны 0,1–0,15 долл./кВт*сағ құрайды. Осылайша, биогаз 2–4 есе үнемді болып табылады.

Қостанай облысында кәсіпкер сиыр көнін биогазға өңдеуге арналған қондырғыны іске қосты. «Қараман-К» ЖШС-не арналған барлық жабдықтар «Zorg Биогаз Украина» ЖШҚ компаниясымен әзірленген және жеткізілген. Көлемі 2400 м^3 2 реактордан құралған биогаз станциясы қазірдің өзінде толық күшпен жұмыс істеуге шығарылды және қуаты 360 кВт электр энергиясын өндіреді. Жыл сайын биогаздан 3 млн кВт*сағ электр энергиясын алу жоспарланып отыр. Станция үшін шикізат ретінде 44 т құрайтын ірі және ұсақ қара мал қатты көні пайдаланылады.

Қазақстан тұрғын үй-коммуналдық шаруашылыққа (ТКШ) энергия тиімді технологияларды дамытумен және ендірумен, ғылыми-зерттеулер мен конструкторлық әзірлемелер жүргізумен, энергия үнемдейтін жабдықтарды іске асырумен, ТКШ саласының мамандарын даярлау және қайта даярлаумен айналысатын үш энерготиімді орталықтар салатын болады. Орталықтар Астана, Алматы және Ақтөбе қалаларында салынатын болады.

Ауылшаруашылық өндірісінің қалдықтарын анаэробты (оттегі жоқ) ашыту — биомассадан энергияны алу ең көп таралған әдісі [5–7]. Бұл процестің нәтижесінде пайда болған өнімдер — биогаз және асыра ашып кеткен жартылай сұйық масса — өзімен газ тәріздес отын және органикалық тыңайтқыштар ретінде үлкен құндылықты құрайды.

Қазіргі әлемде көң және басқа да органикалық қалдықтарды метандық ашыту мәселелеріне күшті қызығушылық танылып отыр. Қи және ауыл шаруашылығы қалдықтарын өңдеуге арналған биогаз қондырғылары салынып жатыр [1, 8]. Ашыту камералары, газгельдер және тым ашып кеткен массаға (шламға) арналған қойма кіретін қондырғыдан басқа, шламдарды егістіктерге айдайтын сорғы станциясы және биогазбен жұмыс істейтін электр станциясы салынады.

Қатты заттарды тиеудің жаңа технологияларын пайдалану, сонымен қатар құрамында көп қатты заттар бар субстраттармен көбінесе жұмыс істеуге дағдыланбаған массаны араластыруға арналған құрылғылар, кейбір жағдайларда технологиялық процестің техникалық және биологиялық қамтамасыз етуінде дұрыс жұмыс істемеудің және іркілістердің қайта-қайта пайда болуына алып келеді [9]. Өте үлкен көлемде шығындар келтіретін жабдықтардың тоқтап қалуын болдырмау үшін, пайдаланылатын агрегаттарды жаңартылмалы шикізат негізіндегі субстраттардың құрылымдық сипаттамаларына сәйкес таңдалуы тиіс.

Мұндайға ұзақ мерзімді және тоқтамсыз жұмысқа бейімделген жабдықтардың параметрлері мен өлшемдері сияқты, сондай-ақ қолайлы конструкциялық материалдарды таңдау арқылы қолжеткізуге болады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Мақалада зерттеу нысандарының толық сипаттамаларын алуға мүмкіндік беретін зерттеудің классикалық және заманауи физика-химиялық әдістері қолданылды. Алынған биогаздың қауіпсіздігін және сапасын, материалдық және энергетикалық қорлардың барлық түрлерін шынайы есепке алуын, технологиялар бойынша жасалымдардың сәйкестігін, зерттеулер және ғылыми жасалымдар кезінде растығын қамтамасыз ету мақсатында ғылыми-зерттеу жұмысында өлшеудің заманауи құралдары, метрологиялық стандарттары, өлшеудің бірлігін және қажетті дәлдігін, берілген ықтималдық кезінде олар шықпау қажет. Нәтижелер мен шектердің рұқсат етілген қателері мен дәлсіздігін анықтауды қамтамасыз ететін өлшеу нәтижелерін математикалық өңдеу әдістері пайдаланылды. Өлшем бірліктері СИ халықаралық бірліктер жүйесінің метрологиялық ережелер мен нормаларына сай келеді.

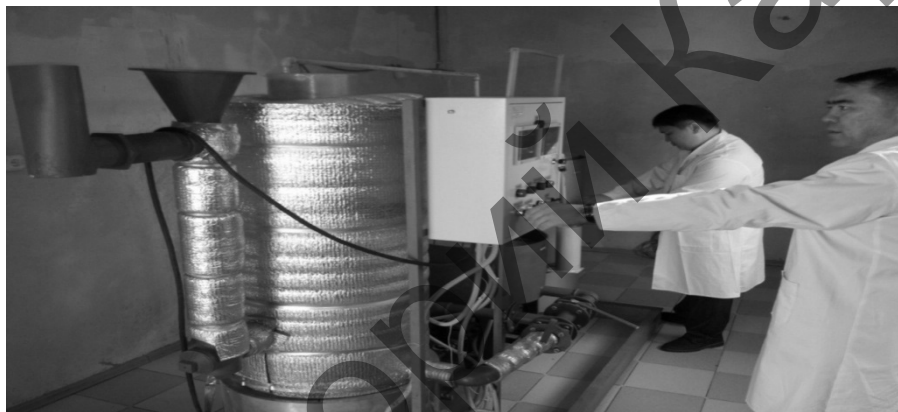
Зертханалық жағдайда жаңартылатын энергия көздерінің мүмкіндіктерін, сондай-ақ ірі қара малдың көндерін анаэробтық ашыту режимдерін әзірлеуді тәжірибелік сынау және демонстрациялау үшін М.О.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінде реактор көлемі 0,25 м³ зертханалық биогаз қондырғысы әзірленген (1-сур.). Сұлбаға сәйкес көннен алдын ала бөгде заттар (ағаш жаңқалары, сабан, тастар, ұзын сабақты ірі жем қалдықтары және т.б.) аластатылады. Осы қоспалардан тазартылған сұйық көң биореакторға анаэробты қорыту үшін жіберіледі. Ашыту барысында көнде микрофлораның дамуы жүреді, ол рет-ретімен органикалық заттарды ұшпа май қышқылдарына дейін бұзады, ал ары қарай метан түзгіш бактериялар әсерінен газ тәріздес өнімдерге — метанға және көмірқышқыл газына айналады. Көнді ашыту кезінде бір мезгілде оның иісінің жойылуы, гельминтсіздендіруі, арамшөптер өңгіштігінің жойылуы және тыңайтқыш заттардың минералды түрге айналуы қамтамасыз етіледі. Биогаз қондырғысы үш негізгі аппараттан тұрады — көнді анаэробты ашытуға арналған биореактордан, газгольдерден, көнді ашытуға даярлау қондырғысынан, сондай-ақ биореактор жүйесінің қызметін қамтамасыз ету қосалқы құрылғылардан. Биореактор өзімен қалыңдығы 7 мм қара болаттан жасалған цилиндрлік метантенкыдысты құрайды. Метантенктің биіктігі 1,5 м, диаметрі 530 мм. Реактор жылуалмасу бетінің ауданы 0,33 м² электр жылытқыштармен жабдықталған. Реакторда субстратты араластыру гидравликалық, ол сорғы және тетікері бар құбыр жүйесі арқылы іске асырылады. Сорғыараластыру режимінде жұмыс жасағанда субстратты реактордан алып құбырлар жүйесі арқылы оның жоғарғы бөлігіне асырады. Қорытылған көнді аластату жаңа мөлшердің түсуі сайын эфлюентті аластату құбырлар жүйесі арқылы іске

асырылады. Реакторды босату үшін оның төменгі бөлігінде төгуге арналған арнайы тетік бар. 1-кестеде биогаз қондырғысының негізгі техникалық көрсеткіштері ұсынылған.

1 - кесте

Биогаз қондырғысының негізгі техникалық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Өлшем бірлігі	Мәні
Биореактордың жалпы көлемі	м ³	0,25
Газ кеңістігінің көлемі	м ³	0,07
Өңдеу температурасы: мезофильді үрдіс — М, термофильді үрдіс— Т	°С	35–37 55–57
Өңдеу ұзақтығы	тәул.	М 20–22; Т 12–15
Көнді араластыруға арналған сорғы қуаты	кВт	0,37
Электр жылытқыштың берілген қуаты	кВт	2,0
Жылуалмасу бетінің ауданы	м ²	0,33
Өнімділігі: бастапқы көң бойынша М-Т	л/тәул.	10–15
биогаз бойынша М-Т	л/тәул.	100–170
Салмағы, нетто	кг	450



1-сурет. Биогаз алуға арналған тәжірибелік қондырғы

Биогаз қондырғыларына қойылатын жалпы талаптар, метантенктегі анаэробты шарттар, температуралық режимді ұстау, қышқылды-сілтілік тепе-теңдік, қайта өңделетін қалдықтар сипаттамаларына қойылатын талаптар, биореактор жұмыс режимі, конструкциясына қойылатын талаптар, су және газ өткізбеушілік, метантенк конструкцияның тұрақтылығы, бақылау-өлшеу құралдары, биогазды жинақтау жүйесіне қойылатын талаптар келесі стандарттармен анықталды [10–14]: Р 52808–2007 МемСТ. Баламалы технологиялар. Биоқалдықтар энергетикасы. Терминдер мен анықтамалар, Р 53790–2010 МемСТ. Баламалы технологиялар. Биоқалдықтар энергетикасы. Биогаз қондырғысына қойылатын жалпы техникалық талаптар, 14920–79 МемСТ. Құрғақ газ. Құрамдас құрамын анықтау әдісі. Технологиялық регламент. Қатты тұрмыстық қалдықтар полигонынан биогазды алу. Ғылыми-техникалық ақпарат бөлімі АҚН, Мәскеу 1990, 22387.2–97 МемСТ. Күкіртті сутегі және меркаптан күкіртін анықтау әдістері.

Нәтижелер және оларды талқылау

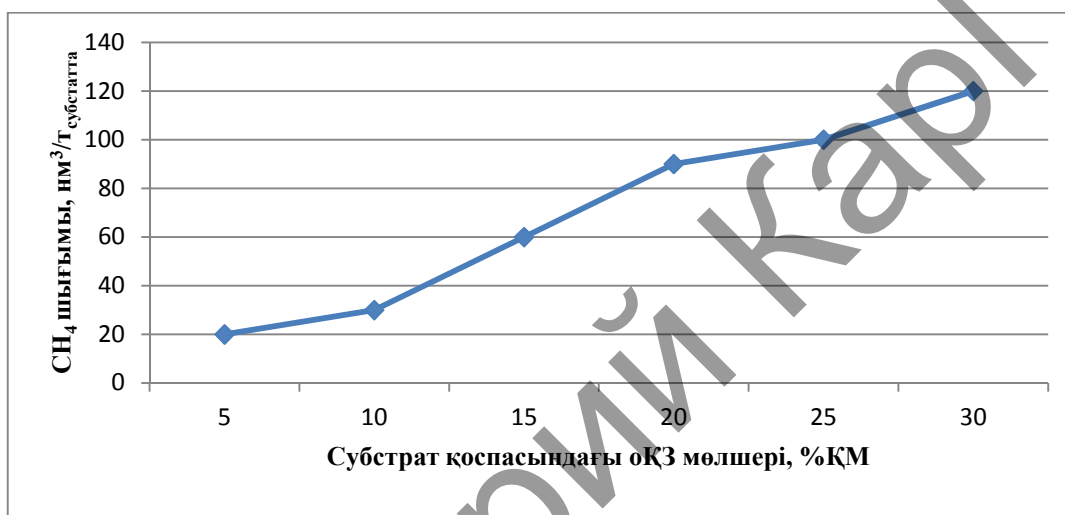
Биогаз сапасын бағалауда, субстрат қоспасында оҚЗ құрамы мен балғын субстраттың бір тоннасына шаққанда CH_4 шығымы арасындағы, субстраттық қоспадағы оҚЗ құрамы мен оҚЗ бір тоннасына CH_4 шығымы арасындағы өзара байланысын, сондай-ақ метанды шоғырландыру кезінде мембрананың өтімділігіне қысымның әсерін зерттеу үшін ғылыми тәжірибелер жүргізілді.

Жаңа субстраттың бір тоннасынан өндірілген биогазды мөлшері 200 nm^3/t субстрат аралығында болады. Биогазда CH_4 -тің құрамына сәйкес метанның шығымы 130 $nm^3 CH_4/t$ субстрат аралығында болады. Төменде 2-кестеде биогаздың сапалық көрсеткіштері келтірілген.

Газдың сапалық көрсеткіштері

Газдың сапасы	Өлшем бірлігі	Мәні
CH ₄	[об. %]	58,2
CO ₂	[об. %]	42,4
H ₂ S	[ппм]	132
O ₂	[об. %]	0,56

CH₄ шығымына мәндеріндегі айырмашылықтар субстраттық қоспалардағы оҚЗ құрамымен арақатынасы жақсы көрінеді (2-сур.). Метан шығымына технологиялық процестің кезеңдері санының әсерін субстратта оҚЗ құрамының жоғары мәндері қатысуымен ғана анықтауға болады.



2-сурет. Субстрат қоспасында оҚЗ құрамы мен балғын субстраттың бір тоннасына шаққанда CH₄ шығымы арасындағы өзара байланыс

Егер осыған қосымша 1 т оҚЗ шаққанда метанның шығымы мен субстраттық қоспадағы оҚЗ құрамы арасындағы байланысты қарастырсақ, онда 20 %-дан бастап оҚЗ құрамы кезінде метанның шығымы едәуір өседі (3-сур.). оҚЗ-ның 15 %-ға дейінгі төмен деңгейдегі құрамы кезінде метан шығудың аз мөлшері байқалады. Метанның шығу мәндерін субстратты пайдалану тиімділігінің шегі ретінде қолдануға болады. Алайда осы мәндер негізінде ғана мұндай бағалаудың мүмкіндігі өте шектеулі.

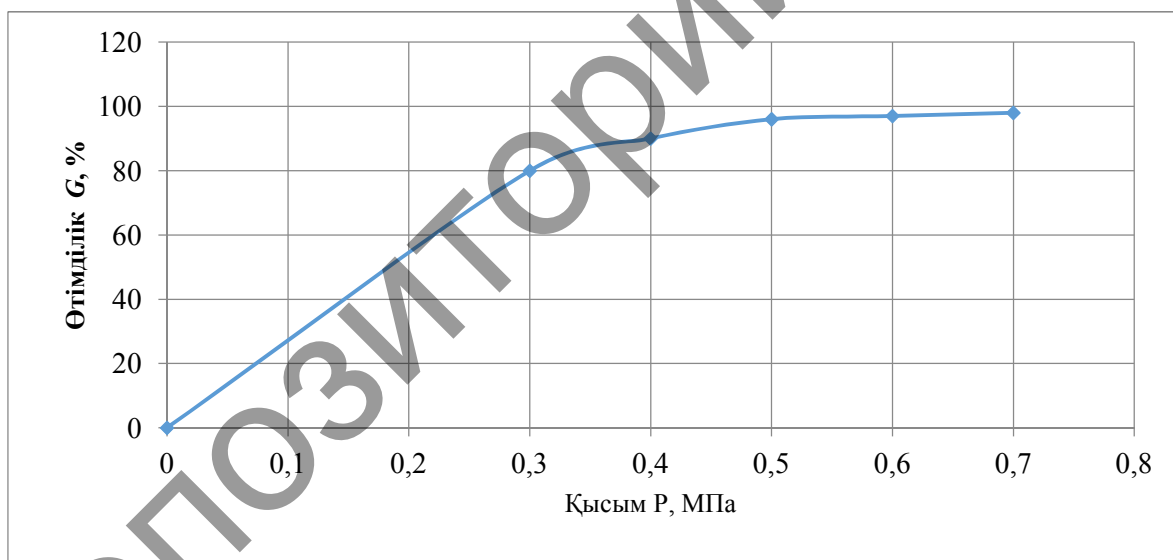


3-сурет. Субстраттық қоспадағы оҚЗ құрамы мен оҚЗ бір тоннасына CH₄ шығымы арасындағы өзара байланыс

Осылайша, мембраналық әдісін пайдалана отырып, биогазды даярлаудың (CO_2 , H_2S -тан тазалау мен сақтау және тұтынушыларға тарату үшін кейіннен сығу мақсатында кептіру) дәстүрлі әдісімен салыстырғанда, мысалы, абсорбциямен және адсорбциямен, елеулі экономикалық тиімділік бере алады [15].

Қалдықтарды анаэробты ыдырату арқылы өндірілген биогаз құрамында метан ($\approx 60\%$ (көл.)) және көміртек диоксиді ($\approx 40\%$ (көл.)) бар. Газдарда күкіртті сутек, аммиак, су булары бар; оның жылу өндіру қабілеті төмен $19,5\text{--}19,8 \text{ МДж/м}^3$. Газды тазарту және кептіруден кейін CH_4 мөлшері 98% (көл.) кем болмауы тиіс (жылу өндіру қабілеті $33,0 \text{ МДж/м}^3$ -тан кем емес), H_2S концентрациясы $(3\text{--}5) \cdot 10^{-4}\%$ ($3,5 \text{ млн}^{-1}$) аспауы тиіс. Процесті ұйымдастырудың бірнеше нұсқалары бар, олардың әрқайсысы үшін қажетті мембраналық бетін анықтау, олардың әрқайсысы үшін қажетті мембраналар бетін, сығуға жұмсалатын шығындарды, әр түрлі жағдайларда (қысым, бөліп алу сатылар саны және рецикли бар сұлбаларда рециркуляция дәрежесі) бастапқы қоспадан метанды бөліп алу дәрежесін анықтайды. CH_4 бөліп алудың жоғары дәрежесін екі сатылы сұлбасын пайдаланып, қол жеткізуге болады, бірақ ол қажетті мембрана бетін және энергия шығынын арттырады. Бастапқы газ бойынша қондырғының өзін өтеу мерзімі 3 жылдан аз және тазартылатын биогаздың жұмсалуды жоғарылаған сайын бұл мерзім айтарлықтай азаяды. Бір сатыда бөлу кезінде отындық газда метанның шоғырлануы 98% (көл.) дейін жетеді. Сатылар санын ұлғайту арқылы (каскадты режимде жұмыс істеу) бастапқы биогаздан метанды — 90% -ға дейін жоғары пайдалану дәрежесіне қол жеткізуге болады. Әрине, тіпті газ бойынша жоғары жүктемесі ($3540 \text{ м}^3/\text{сағ}$) кезінде мембраналық қондырғыны пайдалану экономикалық тұрғыдан тиімді.

Жұмыс қысымын таңдау мембраналық арна кедергісіне байланысты. Өтімділіктің жұмыс қысымына тәуелділігінің алынған тәжірибелік мәндері келесі ерекшеліктерді көрсетеді (4-сур.). Өтімділік алғашқыда қысымға байланысты көбейеді, бірақ бұл тәуелділік сызықтық емес болып табылады, содан кейін іс жүзінде тұрақты болып қалады.

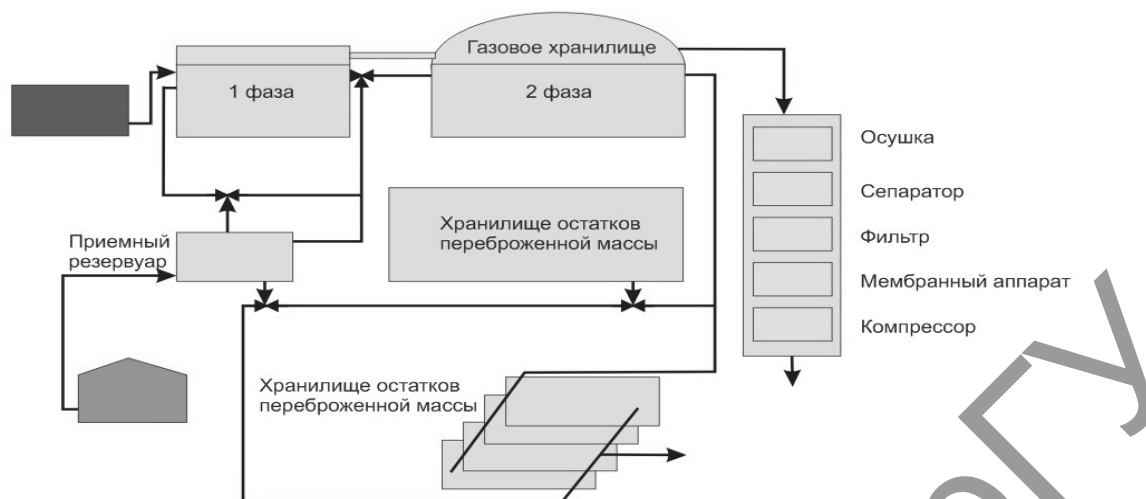


4-сурет. Қысымның өтімділікке байланысы

Биогаз алудың және оны мембраналық тазартудың технологиясы және аппараттық-технологиялық шешімдері жасалынды. Биогазды терең тазартуға арналған жаңа жабдықтарды жасау және бар болатын жабдықтарды жаңарту кезінде пайдалануға болатын аппараттардың конструктивтік және режимдік параметрлерін ұтымды таңдау бойынша тәжірибелік ұсыныстар жасалды.

Мембраналық аппараттың конструкциясы «Innovative technology and energy» Ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС негізінде тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтан өткізілді.

Биогазды алу және оны мембраналық тазартудың ұсынылған мембраналық аппараттар тиімді конструкциялары, технологиясы мен аппараттық-технологиялық шешімдері «Innovative technology and energy» Ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС-де ендіруге қабылданды. Биогаз қондырғысы келесі тәртіппен жұмыс істейді (5-сур.).



5-сурет. Қондырғы жұмысының технологиялық сұлбасы

Ферменттеу ыдысында субстрат тиісті тұндыру уақытынан кейін құйылу құрылғысы арқылы массаны қосымша ашыту сыйымдылығы келіп түседі. Қосымша ашытуға арналған сыйымдылықтан субстраттың өзге де ыдыстардан төмен тұратын ферменттелетін масса қалдықтар қоймаларына келіп-түсуі үшін тиісті клапандарды ашу керек.

Субстрат ыдыстарға өздігінен құйылады, сорғымен айдау талап етілмейді. Сол принцип бойынша массаның қосымша ашытуға немесе материалдың қоймадан қабылдау ыдысына беру жұмыс істейді, ол жақтан массаны ферменттеу ыдысына сорғы көмегімен жүктеуге болады. Қойма ыдысының біреуі сүрлем массасынан бөлінетін сүрлем шырын қабылдау ыдысы ретінде пайдаланылады. Қойма ыдысының қабылдау ыдысымен байланысты болу арқасында энергетикалық әлеуетке ие, сүрлем шырынын аз мөлшерде массаның ашыту процесінде қолдануға болады. Сонымен қатар қабылдау ыдысынан материалды қосымша ашытуға арналған сыйымдылыққа жүктеуді іске асыруға болады.

Ферменттеу ыдысында массаны араластыру батырмалы миксер және қалақшалы араластырғыш көмегімен іске асырылады. Қосымша ашытуға арналған сыйымдылыққа азайтылған қуаты бар конструктивті түрде ұқсас қалақшалы араластырғыш, сондай-ақ ферменттеу ыдысында пайдаланылатын араластырғышқа ұқсас батырмалы араластырғыш орнатылатын болады. Өндірілген биогазды сақтау қос қабатты пленкалы жабын астында қосымша ашытуға арналған ыдыста жүзеге асырылады.

Қондырғыларда өндірілетін тазартылған газ бірдей құрамы бар метанға (CH_4) ие. Ірі қара мал көң бөкпесінің және тауық саңғырығы қатты түйірлерінің үлкен үлесі бар субстратты қоспаларды пайдалануға байланысты 59% деңгейінде CH_4 құрамының орташа мәніне қолжеткізуге болады. Көмірқышқыл газының (CO_2) үлесі әрқашанда CH_4 үлесінен төмен.

Субстраттар қоспалары елеулі май және ақуыз бар мөлшерге ие емес, олар ыдырау кезінде құрамында CH_4 -тың жоғары мәндеріне әкелетін еді. Газ қоспаларынан CO_2 және H_2S талғамды бөліп алу үшін полимерлік-ассиметриялық мембраналарды пайдаланады.

Төмендегі 3-кестеде шаруа қожалығы үшін өнеркәсіптік ауқымда ендіруге арналған әзірленген және қабылданған биогаз қондырғыларының техникалық сипаттамалары көрсетілген. 4-кестеде құрамдық сипаттамалары анықталған. 5-кестеде субстраттың орташа сапасы келтірілген. 6 және 7-кестелерде газ сапасының және оның шығымы параметрлері көрсетілген.

3 - к е с т е

Биогаз қондырғыларының техникалық сипаттамалары

Өлшемдері	Өлшем бірліктері	1 саты	2 саты	Барлығы
1	2	3	4	5
Реактор көлемі	[м ³]	1000	1500	2500
Жұмыс көлемі	[м ³]	1000	1400	2400
Биіктігі / ені		0,40	0,35	

1	2	3	4	5
Температура	[°C]	53	41	
pH		7,5	7,7	
Жаңа субстрат	[т/күн]	22,5	22,5	
I сатыдағы рециркуляция	[т/күн]		0,2	
Күю	[т/күн]		20	
$V_{R_{oK3}}$ субстрат	[кг _{oK3} /(м ³ жұм. айн. күн)]	4,5	0,0	1,9
$V_{R_{oK3}}$ барлығы	[кг _{oK3} /(м ³ жұм. айн. күн)]	4,5	1,0	
Тұндыру уақыты	[д]	35	65	85
ҚЗк шіріту	[%]	68	39	81
CH ₄ өндіру	[нм ³ CH ₄ /(м ³ м ³ жұм. айн. күн)]	1,75	0,4	0,9
Биогазды өндіру	[нм ³ BG/(м ³ жұм. айн. күн)]	3,12	0,72	1,8

4 - кесте

Құрамдық сипаттамалары

Өлшемдері	Өлшем бірліктері	1-саты	2-саты
ҚЗ	[%КМ]	8,2	5,8
oK3 (ҚЗ)	[%КМ]	6,8	4,5
NH ₄ -N	[кг/т]	2,0	2,5
N _{общ.} -N	[кг/т]	4,2	4,0
PO ₄ -P	[кг/т]	0,80	0,89
К	[кг/т]	4,1	3,8
Сірке қышқылының баламасы	[г/т]	2556	335
FOS/TAC		0,82	0,34

5 - кесте

Субстраттың орташа сапасы

ҚЗ	20 % CM	NH ₄ -N	1,5 кг/т
oK3	18 % CM	N _{общ.} -N	4,5 кг/т
XPK	239 кг/т	PO ₄ -P	1,37 кг/т

6 - кесте

Газды өндіру. Газ сапасы

58,9 об. %	CH ₄	0,10 об. %	O ₂
38,6 об. %	CO ₂	46 ppm	H ₂ S

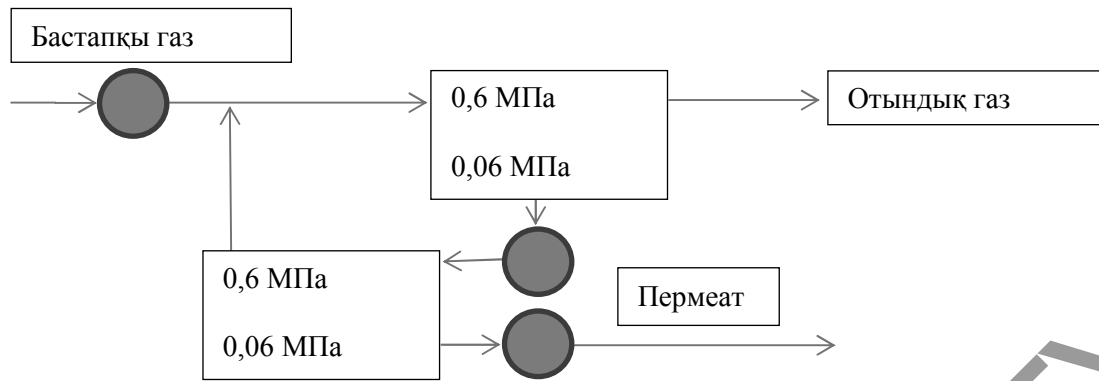
7 - кесте

Газдың шығымы

Газдың шығымы	Биогаздың нм ³	нм ³ CH ₄
Субстраттың 1тоннасында	157	83
1т oK3	858	455
1т XPK	661	350

Биогаз 58,9 % (көл.) метан және 38,6 % (көл.) көмірқышқыл газын құрайды. Жылу өндіру қабілеті 21,2 МДж/м³-қа тең.

Тазартудан кейін биогаз 98 % (көл.) CH₄ құрайды. H₂S концентрациясы (3)*10⁻⁴ % (3–5 млн⁻¹) тең болады. Жылу өндіру қабілеті 36,0 МДж/м³-қа тең. 6-суретте көрсетілгендей, тазартудың екі сатылы сұлбасы ұсынылды.



6-сурет. Биогаздың тазартудың екі сатылы сұлбасы

Бастапқы газ бойынша қондырғының өзін өтеу мерзімі 1,5 жылды құрайды.

Бастапқы ағынның қысымы 0,6 МПа;

Бастапқы биогаз бойынша жүктеме 360 м³/сағ.

Мембрананың қажетті беті 120 м².

Қондырғының жұмыс істеу уақыты 8000 сағ/жыл.

Мембраналарды пайдалану мерзімі 3 жыл.

Энергия 55 кВт.

Метанды бөліп алу дәрежесі 98 % (көл.).

Газ тазартудың «жинақтаушы» жүйелеріне қарағанда (белсендірілген көмір, ион алмасу шайырлары т.б.), мембрана өзінің ішінде қоспаларды жинақтамайды, бұл олардың тазартылған газға түсу мүмкіндігін болдырмайды. Ұсталынатын бөлшектердің өлшемі мембрананың құрылымымен анықталады, яғни оның кеуектері өлшемімен.

Жабдықтарды тек тоқтамсыз және жарамды пайдалану жабдықтардың белгіленген қуатын толық дерлік пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар жалпы қуатты пайдаланудың жоғары үлесі бар жабдықтарды кейіннен қолдану үшін негіз ретінде, жобалық қуаттылығына сәйкес келетін биогаз қондырғысының өлшемдерін дұрыс таңдау болып табылады.

Осы зерттеу нәтижелері көрсеткендей, биогазды өндіру экономикалық тұрғыдан ауылшаруашылығының тиімді саласы болып табылады, егер де қондырғыны техникалық камсыздандыру және оны пайдалану тәсілі оңтайлы түрде субстраттардың құрылымдық қасиеттерімен сәйкестендірілсе, ал оның орналасу жері биомассамен тиімді қамтамасыз етуді ескере отырып таңдалса және өндірілген газды ұтымды игеруге мүмкіндік берсе. Сонымен бірге шығыны аз болатын субстраттардың болуымен қатар, ең алдымен жабдықтардың жиі бұзылуына бейім емес, субстрат қуатын толық пайдалану, сондай-ақ қондырғыны толығымен оңтайлы жүктеу экономикалық табыс кілті болып табылады. Көптеген салаларда жүйенің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін және жоғары пайда алуға мүмкіндік беретін елеулі жақсартулар жасауға болады.

Қорытынды

Жабдықтарды пайдалану кезінде жиі бұзылуға бейім еместігі және дұрыс жұмыс істеумен қатар, қолданылатын субстраттардың энергетикалық қуатын тиімді пайдалану үлкен маңызға ие. Бәрінен бұрын, тұндыру уақытының салыстырмалы жоғары емес көрсеткіші және бір сатылы технологиялық процесі бар жабдықтарда субстратты пайдаланудың төмен көрсеткіші байқалады, бұл ашыту қалдықтарын ашық түрде сақтау кезінде жағымсыз және климатқа кері әсер ететін метанның шығарылуына әкеледі.

Субстратты алдын ала өңдеу есебінен оның шіруі жылдамдатылған немесе қондырғыда газ өткізбейтін жабынымен жабдықталған, ашыту қалдықтары үшін қойма ыдысы болған жағдайдан басқа, міндетті түрде тұндыру уақытының төмен мәндерінен алшақтау қажет.

Қондырғыны жобалау кезінде көңіл аудару қажет сәттер, өте жоғары энергетикалық қуаты бар субстраттарды пайдалану кезінде олардың бар болуын және құнын бағалау жеткілікті сенімділікпен айқындалатын болады және де ұзақ мерзімді уақытқа.

Жабдықтардың жиі бұзылуына бейім еместігі және дұрыс жұмысымен қатар, пайдаланылатын субстраттардың энергетикалық қуатын тиімді пайдалану үлкен маңызға ие болып табылды. Метанның шығымын, электр энергиясын меншікті өндірілуін, сондай-ақ ферменттеу массасының қалдықтарында қалдық газ әлеуетін есептеу нәтижелері көрсеткендей, субстратты тұндыру уақытының шамасы оны толығымен пайдаланудың ең маңызды және шешуші көрсеткіші екендігі көрсетілді.

Газ тазартудың «жинақтаушы» жүйелеріне қарағанда (белсендірілген көмір, ион алмасу шайырлары т.б.) мембрана өзінің ішінде қоспаларды жинақтамайды, бұл олардың тазартылған газға түсу мүмкіндігін болдырмайды. Ұсталынатын бөлшектердің өлшемі мембрананың құрылымымен анықталды, яғни оның кеуектері өлшемімен.

Мембраналық аппараттардың тиімді жұмыс істеуі үшін газ қоспасының алдын ала өңдеуін мембраналық тазарту қондырғыларына оны тікелей беру алдына жүргізу қажет. Газдарды кептіруге арналған аппараттарды, жоғары тиімді сепаратор және сүзгіні орнату қажет.

Әдебиеттер тізімі

- 1 *Барбара Эдер, Хайнц Шульц*. Биогазовые установки: практ. пособие. Основы планирования. Строительные работы. Типы установок. Экономическая обоснованность / Пер. с нем. Изд-во Zorg Biogas, 2008. — С. 168.
- 2 Биогаз — электроэнергия, тепло, биоудобрение. 11 шагов к цели: практ. руководство. — Ташкент, 2011. — С. 33.
- 3 *Виноградова А.В., Козлова Г.А., Аникина Л.В.* Биотехнология топлива: учеб. пособие. — Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. — С. 212.
- 4 *Курманов А.К., Рыспаев К.С., Рыспаева М.К.* Перспективы производства биогаза в Казахстане // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. Сер. Агроинженерные науки. — 2013. — Вып. № 4 (42). — С. 78–80.
- 5 *Dominik Rutz M.Sc., Dr.Rainer Janssen*. Biofuel Technology Handbook. Dipl. — Ing. WIP Renewable Energies, Sylvesterstr. Munchen, Germany, [ER]. Access mode: www.wip-munich.de — P. 149.
- 6 *Deublein D., Steinhauser A.* Biogas from Waste and Renewable Resources. — Wiley, 2008. — P. 472.
- 7 *Werner Kossmann, Uta Ponitz, Stefan Habermehl, Thomas Hoerz, Pedro Kramer, Klingler B., Kellner C., Thomas Wittur, Klopotek F.V., Krieg A., Euler H.* Biogas Digest. — Vol. II. Biogas — Application and Product Development. Information and Advisory Service on Appropriate Technology. — Design: Utz Dornberger. — P. 81.
- 8 Biogas plants in Europe: A practical handbook // Springer. — 2007. — 361 p.
- 9 Биогаз на основе возобновляемого сырья: сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии. — Росток: Гюльцов, 2010. — С. 115.
- 10 ГОСТ Р 52808–2007. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения.
- 11 ГОСТ Р 53790–20101. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам.
- 12 ГОСТ 14920–79. Газ сухой. Метод определения компонентного состава.
- 13 Технологический регламент. Получение биогаза с полигонов твердых бытовых отходов. Отдел научно-технический информации. — М.: АКХ, 1990. — С. 12.
- 14 ГОСТ 22387.2–97. Методы определения сероводорода и меркаптановой серы.
- 15 *Дытнерский Ю.И., Брыков В.П., Каграманов Г.Г.* Мембранное разделение газов. — М.: Химия, 1991. — С. 344.

Ж.Н. Кайпова, М.И. Сатаев, А.В. Гарабаджиу, С.Н. Редюк

Технология получения высококонцентрированного метана из биогаза

В статье представлены технология и аппаратно-технологические решения получения биогаза и его мембранной очистки. Определены взаимосвязь между содержанием оСВ в субстратной смеси и выходом CH_4 на одну тонну свежего субстрата, между содержанием оСВ в субстратной смеси и выходом CH_4 на одну тонну оСВ. Показано влияние давления на проницаемость мембран при концентрировании метана. Даны технические параметры биогазовой установки, составные характеристики, среднее качество субстрата, качество и выход газа. Отработана двухступенчатая схема очистки биогаза. Результаты данного исследования, подчеркнута авторами, показывают, что производство биогаза представляет собой выгодную с экономической точки зрения отрасль сельского хозяйства.

Zh.N. Kaipova, M.I. Sataev, A.V. Garabadzhiu, S.N. Redyuk

Technology of obtaining highly concentrated methane from biogas

Developed the technology and hardware technology solutions of biogas and their membrane cleaning. To determine the relationship between the content of oTS in the substrate mixture and the release of CH₄ per ton of fresh substrate, between the content of oTS in the substrate mixture and the release of CH₄ per ton of oTS, the effect of pressure on the permeability of membranes in concentration of methane, the technical parameters of a biogas plant, component characteristics, the average quality substrate, and the quality of the output gas. It worked out a two-stage biogas purification scheme. The results of this study show that biogas production is profitable from the economic point of view, agriculture sector.

References

- 1 Barbara Eder, Heinz Schulz. *Biogas plants. A Practical Guide. Basics of planning*. Construction works. The types of installations. Economic justification / Trans. from the German. Published in Zorg Biogas, 2008, p. 168.
- 2 *Biogas — electricity, heat, bio-fertilizer. 11 steps to the goal: practical Guide*, Publ. House of Tashkent, 2011, p. 33.
- 3 Vinogradova A.V., Kozlova G.A., Anikina L.V. *Fuel Biotechnology Studies. Benefit*. Perm: Publishing house of Perm. state. tehn. University Press, 2008, 212 p.
- 4 Kurmanov A.K., Ryspaev K.S., Ryspaeva M.K. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, Ser. Agroengineering science, 2013, 4 (42), p. 78–80.
- 5 Dominik Rutz M.Sc. Dr. Rainer Janssen. *Biofuel Technology Handbook. Dipl. Ing. WIP Renewable Energies*, Sylvensteinstr. Munchen, Germany, p. 149, [ER]. Access mode: www.wip-munich.de
- 6 Deublein D., Steinhauser A. *Biogas from Waste and Renewable Resources*, Wiley, 2008, p. 472.
- 7 Werner Kossmann, Uta Ponitz, Stefan Habermehl, Thomas Hoerz, Pedro Kramer, B.Klingler, C.Kellner, Thomas Wittur, Klotek F.V., Krieg A., Euler H. *Biogas Digest, II Biogas, Application and Product Development*. Information and Advisory Service on Appropriate Technology, Design: Utz Dornberger, p. 81.
- 8 *Biogas plants in Europe: A Springer*, 2007, 361 p.
- 9 *Biogas is based on renewable raw materials*, Comparative analysis of sixty-one installation for the production of biogas in Germany, Rostock: Gültz, 2010, p. 115.
- 10 GOST R 52808–2007. Alternative Technology. Biowaste Energy. Terms and Definitions.
- 11 GOST R 53790–20101. Alternative Technology. Biowaste Energy. General technical requirements for biogas plants.
- 12 GOST 14920–79. Gas dry. Method for determination of component composition.
- 13 Technological regulations. Obtaining biogas from solid waste landfills, Department of Scientific and Technical Information AKH, Publ. house of the Moscow: AKH, 1990, p. 12.
- 14 GOST 22387.2–97. Methods for determination of hydrogen sulfide and mercaptan sulfur.
- 15 Dytner'sky Yu.I., Brykov V.P., Kagramanov G.G. *Membrane separation of gases*, Moscow: Khimiya, 1991, p. 344.