

ӘОЖ 573.6(574)

Р. Адырбайқызы, Е. Сатылхан

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті,
Алматы, Қазақстан Республикасы, eliris_89@mail.ru)

ТҰРМЫС ҚАЛДЫҚТАРДАН БИОГАЗ ӨНДІРУ БИОТЕХНОЛОГИЯСЫ

Түйіндеме. Бұл мақалада биогазды тұрмыстық қалдықтардан алудың биотехнологиялық әдістері қарастырылған. Биогаз өндірісінің процесі үш сатыға бөлінеді: гидролиз, тотығу және метанның пайда болуы. Бұл күрделі айналу кешеніне көптеген микроағзалар қатысады, соның негізгілері болып – метантүзуші бактериялар.

Түйін сөздер: биотехнология, биогаз, метантүзуші бактериялар.

Жыл сайын әлемдегі әрбір қала тұрғыны 250-300 кг қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) «өндіреді» екен. Жаһандану үрдісі белең алған бүгінгі шақта одан ауыл тұрғындары да кенде қалып жатқан жоқ.

Қазір қазақ даласында 22 миллиард тонна қалдықтар мен қоқыс жиналыпты. Оның 16 миллиард тоннасы техногендік-минералдық қалдықтар болса, 6 миллиард тоннасы адам ағзасына аса қауіпті химиялық қалдықтар екен.

Қасіреті қалың қазақ даласында бүгінге дейін жиналған 22 млрд. тонна қалдықтың 96 миллион тоннасы қатты тұрмыстық қалдықтар екен.

Қазақстандағы ҚТҚ мен күл-қоқыстың 97 пайызы далаға төгіледі. Тек 3 пайызы ғана өртеледі. Ал Германияда ҚТҚ мен күл-қоқыстың 30 пайызы, Жапонияда 30 пайызы, АҚШ-та 27 пайызы, Швейцарияда 25 пайызы қайта өңделеді. Яғни, бүкіл өркениетті әлем ҚТҚ мен күл-қоқысты қайта өңдеу немесе азайту мақсатында мүмкіндігінше жұмыс жасап жатыр. Соңғы жылдары Қазақстанда да күл-қоқыс өңдейтін зауыттар салу жөнінде бірнеше жобалар белгіленді. Өкінішке орай, әлі күнге дейін бұл жобалар іс жүзіне асырылған жоқ.

Алматы қаласында жинақталған тұрмыстық қалдықтардың көлемі 230 мың тоннаны құрайды. ҚТҚ жиналған полигондардан болатын негізгі қатер ауа қойнауының биохимиялық үрдістер кезінде пайда болатын улы лас заттармен былғануы жиналған қалдықтардың (биогаз) таралуы полигондағы қалдықтар орнын жапқаннан кейін де ондаған жылдарға созылады.

Аймақтағы ауаны ластайтын заттардың жалпы құрамы, сақталатын қалдықтардың түріне байланысты болады. Негізгі құрамынан басқа (метан және көмірдің екі тотығы) биогаздың құрамына аммиак, этилмеркаптан, ацетальдегид, ацетон, бензол, аргон, гаптан, толуол қатысады. Полигонның ауа ортасына антропогенді заттардың әсері, көпкөзекті және көпсебепті. Сондықтан биогаздың пайда болу заңдылықтарының негізгі элементтерін толыққанды анықтау биогазға ықпал ететін температура, ылғалдылық, көміртектің үлесі сияқты және қалдықтардың элементтерінің құрамына байланысты болады.

Мамандардың мәлеметі бойынша полигондағы (даладағы) қалдықтардың құрылымын бұзу нәтижесінде, сонымен қатар ауасы ластанған аймақтарға тікелей жақын тұратын жерлердегі биогаз құрамы 150-ден 600 мг/м³ құрайды. Бұл құрам рұқсат етілген гигиеналық қалыпттан біршама жоғары. Мекен-жайларда биогаз қалдығындағы көміртек тотығының тиісті мөлшері = 50 мг/м³ болуы тиіс, демек бізде 3-12 есе артық.

Біздің мақсатымыз ҚТҚ-ды пайдаланып, биогаз өндіру биотехнологиясын жетілдіру.

Соңғы жылдары энергияны альтернативті және тиімді жолдармен алу мәселелері өте кең қарастырылады. Қазіргі кезде ауыл аймақтары газбен қамтамасыз етілсе де, көбінесе әкелінетін пропан-бутан (баллондардағы) газ. Ауыл аймақтарында пайда болған тапшылықты биогаз көмегімен азайтуға болады.

Ол үшін біз алдымызға мынадай міндеттерді қойдық:

- биогаздың құрамын, алыну жолдарын зерттеу;
- биогазды басқа елдерде, біздің елде қалай пайдаланатынын зерттеу;
- биогазды алудың тиімді әдістерін іздестіру;

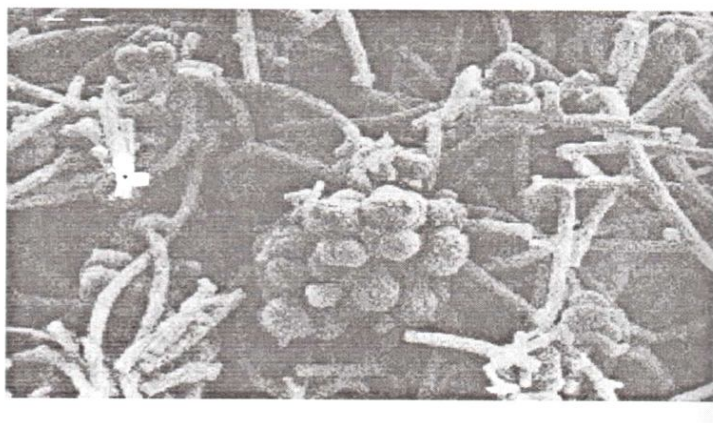
Биогаз– газдар қоспасы. Органикалық өнімдерден биогаз алу — органикалық өнімдердің анаэробты жағдайда «метандық ашу» нәтижесінде жанар газ бөлу қасиетіне негізделген. Метандық ашу нәтижесінде бөлінетін биогаз құрамы — 50-80 % метан, 20-30 % көмірқышқыл газы, шамамен 1 % күкірттісутек, сонымен қатар шамалы мөлшердегі басқа газдардан (азот, оттегі,

сутегі, аммиак, т.б.) тұрады. Метантүзуші бактериялар органикалық қышқылдарды қажетті метанға, көмірқышқыл газына айналдырады. Бұл күрделі жүйелену комплексіне микроорганизмдердің мыңдаған түрлері қатысады. Бірақ олардың негізгісі — метантүзуші бактериялар.

Метантүзуші бактериялар, қышқылтүзуші ашытқы микроорганизмдермен салыстырғанда, көбеюге ұзақ уақыт қажет етеді және қоршаған ортаның өзгерістеріне қарсы тұру потенциялы төмен. Сондықтан, ашу ортасында алғашында ұшқыш қышқылдар түзілуіне байланысты, метандық ашудың бірінші кезеңін қышқылдық деп атайды. Ары қарай қышқылдардың түзілуі және өнделуі жылдамдығы тенеледі. Сондықтан субстраттың ыдырауы мен газ түзулуі бір уақытта қатар жүреді. Газдың түзілу өнімділігі метантүзуші бактериялардың тіршілік жағдайына байланысты.

Метан бактериялары 0-70°C аралығында өмір сүруге ыңғайлы. Егер температура жоғарыласа олар өледі, 90° С да өлмейтін кейбір штамдары бар. Минусты температура болған жағдайда олардың қырылуы байқалмайды, бірақ тіршілік әрекетін тоқтатады. Әдебиеттерде бактериялардың өмір сүру температурасын 3-4°C белгілейді [3].

Морфологиясы бойынша бұл бактерияларды таяқшатарізділер (Methanobacterium), кокка тәрізділер (Methanococcus), сарцина тәрізділер (Methanosarcina) және спирилла тәрізділер (Methanospirillum) деп бөлуге болады.



1-сурет. Метантүзуші бактериялар

Анаэробты жағдайда органикалық заттар бірнеше шіру этаптарынан өтеді: ацетатқа дейін, CO₂ және H₂. Метаболизмнің бұл өнімдері метантүзуші бактериялармен қолданылады. Биогаз анаэробты жағдайда, бактериялардың көмегімен органикалық материалдардың ыдырауынан пайда болып, метан мен басқа газдардың қосындысынан құралады да, мынадай пропорцияда болады:

1-кесте. Биогаз құрамы

Газ	Химиялық формуласы	Көлемі
Метан	CH ₄	40 – 70 %
Көмірқышқыл газ	CO ₂	30 – 60 %
Басқа газдар		1 – 5 %
Сутек	H ₂	0 – 1 %
Көмірсутек	H ₂ S	0 – 3 %

Сонымен қатар, оған айтарлықтай дәрежеде қоршаған орта да әсер етеді. Бөлінетін газдың айтарлықтай көлемі температураға байланысты: жылу көп болса, органикалық шикізат ферментациясының дәрежесі және жылдамдығы жоғары болады. Нақ осы себепті алғаш биогаз алу қондырғылары жылы климатты елдерде пайда бастады. Жылу оқшаулағыштарды, сонымен қатар кейде ысытылған суды қолдану, қыс кезінде температурасы 20°C–ге дейін төмендейтін аудандарда биогаз генераторларының құрылысын меңгеруге мүмкіндік береді.

Биохимиялық тұрғыдан метандық «ашыту» анаэробтық тыныс болып табылады. Органикалық заттардың (сірке қышқылы) электрондары көмірқышқыл газына тасымалданып, метанға дейін тотықсызданады. Метантүзуші бактериялар үшін электронның доноры қызметін

сутегі атқарады. Бактерия түрлерінен *Methanobacterium formicicum* және *Metahanospirillum hungati* басым қатысады. Мысалы, *Methanobacterium kadomensis* st 23-20 күн жүретін метаногенезді 8 күнде жүргізеді.

Микробиология: органикалық қалдықтардан биогазды алу ол анаэробты, яғни оттегісіз жағдайда ыдырағанда қалдықтың биогаз бөлу қасиетіне негізделген. Бұл процесс метанды ашу деп аталады және үш кезеңнен тұратын органикалық заттардың ыдырауы екі негізгі қышқылды және метанды микроағзалар топтарымен жүреді.

Биогаз өндірісінің процесі үш сатыға бөлінеді: гидролиз, тотығу және метанның пайда болуы. Бұл күрделі айналу кешеніне көптеген микроағзалар қатысады, соның негізгілері болып – метантүзуші бактериялар, олардың үш түрі 1-суретте көрсетілген.

Гидролиз. Бірінші этапта (гидролиз) органикалық зат сырттай клеткадан тыс микроағза ферменттерімен (клетчатка, амилаза, протеаза және липаза), бактериялар көмірсутектің күрделі әрі ұзын шынжырын ажыратады, протеиндер мен липидтер – оданда қысқа шынжырларға айналдырады.

Ашу. Биогаздың пайда болуының екінші кезеңіне қатысатын қышқыл өндіруші бактериялар күрделі органикалық қосылыстарды (клетчатка, ақуыз, май т.б.) жәй заттарға дейін ыдыратады. Бұл кезде ашытылатын ортаға ашудың бірінші реттік өнімдері – ұшқыш май қышқылдары, төменгі спирттер, сутек, көміртек тотығы, сіркесу және құмырсқа қышқылдары пайда болады. Бұл органикалық заттар органикалық қышқылдарды биогазға айналдыратын метантүзуші бактериялардың қорек көзі болып табылады.

Метанның түзілуі. Үшінші этаптағы метантүзуші бактериялар құрылымдары төменгі молекулалық салмақпен ыдыратады. Қалыпты жағдайда метантүзуші бактериялар анаэробты жағдайда тіршілік етеді, мысалы: су астында батпақтарда олар қоршаған ортаның өзгеруіне өте сезімтал, сондықтан метантүзуші бактериялардың өміршеңдігі үшін жасалған жағдайларға газдың бөліну қарқындығы тәуелді.

Бактерия симбиозы (селбесу). Метан және қышқыл түзуші бактериялар бір-бірімен симбиозда қарым-қатынас жасайды. Бір жағынан, қышқыл түзуші бактериялар метантүзуші бактериялар үшін тамаша параметрлері бар атмосфераны жасайды (анаэробты жағдай, төмен молекулалы салмағы бар химиялық құрылымдар), екінші жағынан, метантүзуші микроағзалар қышқыл түзуші бактериялардың арасындағы қосылыстарды пайдаланады. Егер мұндай қарым-қатынас жүрмесе реактордың ішінде екі микроағзаның өміршеңдігі үшін қолайсыз жағдайлар артатын еді.

Биогаз алу үшін тағам қалдықтарынан басқа өсімдік және шаруашылық қалдықтарын, ки, ағын суларды т.б. қолдануға болады. Ферментация үрдісі кезінде резервуардағы сұйықтық үш фракцияға бөлінеді. Жоғары бөлігі – үлкен бөлшектерден құралған, біраз уақыттан кейін қатайып биогаздың бөлінуіне кедергі жасайды. Ферментатордың орталық бөлігіне сұйықтық жиналады, ал лас тәрізді фракция төменгі бөлігіне тұнбаға түседі.

Биогазды қондырғы деп - белгілі бір температурада қалдықтардың органикалық массалары, ағынды сулар және тағы басқа ашу салдарынан биогаз түзетін герметикалық жабық сыйымды ыдысты айтамыз.

Барлық биогаз қондырғыларының жұмыс істеу принциптері бір: шикізатты жинап дайындағаннан кейін арнайы сыймды ыдыста оны ылғалдандырады, содан кейін оны реакторға береді, ол жерде шикізаттың қайта өңдеу процесін оңтайландыру үшін жағдайлар жасалады.

Шикізаттан биогазды алу процесін ферментация немесе ашыту деп атайды. Шикі заттың ашу процесін ерекше бактериялардың тіршілік әрекеті салдарынан жүреді. Ашыту кезінде шикі заттың бетінде қабыршық пайда болады, оны шикі затты араластыру арқылы жою керек. Араластыру қолмен немесе шикі заттан түзілген биогаздың босап шығуы үшін реактордың ішіндегі арнайы құрылғымен жүргізіледі.

Алынған биогаз тазаланғаннан кейін жиналып, қолданғанға дейін газгольдерде сақталады. Газгольдерден биогазды тұрмыстың немесе басқа да құралдарға газ құбырымен жүргізіледі.

Биогазды қондырғы реакторының ішіндегі органикалық қалдықтарды қайта өңдеуге қажетті шарттар (оттегісіз режимді сақтаудан басқа) мыналар:

- температураны қадағалау;
- бактерияларға қоректік заттардың жеткізілуі;
- ашыту уақытының дұрыс таңдалуы және шикі заттың уақтылы алынып-салынуы;
- қышқылды-сілтілі тепе-теңдікті сақтау;
- азот пен көміртектің қатынастықтарын сақтау;

- үрдіс ингибитерлерінің болмауы;
- шикі заттағы қатты бөлшектер пропорциясының дұрыстығы және араластыру;

Бактериялар орталық зонада аса белсенді, сондықтан резервуар құрамын әлсін-әлсін тәулігіне 1 рет, алты ретке дейін араластырып отыру қажет. Араластыру механикалық құрылымдар және гидравликалық құралдар (насостың әсерімен), пневматикалық жүйе (биогаздың рециркуляциясы) немесе әртүрлі өзін-өзі араластыру әдістерінің көмегі арқылы жүргізіледі.

Биогаз қондырғысын қолданудың экономикалық пайдасы:

- отын мен электроэнергия үнемделеді;
- биогазды сатуға болады;
- биогаз қондырғылары бір жыл шамасында шығымын өтейді;
- органикалық қалдықтар жинақталмай, қолданылуына байланысты, ауа тазартылып, респираторлық және көз аурулары азаяды;
- органикалық қалдықтардағы микроорганизмдердің жойылуына байланысты эпидемиялық жағдай жақсарады;

Биогаз қондырғысын қолданудың экологиялық пайдасы:

- ашық сақталатын көннен түзілетін метанның (парник газы) атмосфераға бөлінуі азаяды;
- жағымсыз иісті азот қосылыстары мен ауаның ластануы азаяды;
- көңмен су ресурстарының ластануы азаяды;
- ағаштар (орман) отын ретінде қолданудан сақталады;

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Веденев А.Г., Веденева Т.А. Биогазовые технологии в Кыргызстане. Бишкек «евро» 2006.-90 с
- 2 Мариненко Е.Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве: Учебное пособие. – Волгоград: ВолгГАСА, 2003. - 100 с.
- 3 Тодорова Н. «Энергия из мусорной кучи?» Газета «Казахстанская правда» №192 от 16 августа 2001 ж.
- 4 Тонкобаева Л. В этом доме – биогаз. Молодежно эколого–правовой журнал «Я и Земля», № 7(17), ноябрь, 2001 г., 4-5 с.
- 5 Охотников Л. Светлана Баскакова – член НПО "Дикая природа", Развитие новых технологии. Что такое биогаз? Журнал «Спектр развития» №3 2002 г., 21 с.
- 6 Интернеттегі сайт адрестері:
а/ ru.wikipedia.org/wiki/Биогаз.
б/ zorgbiogas.ru/.
в/ biogas-energy.ru/
г/ www.2g.rus-business.com/biogas.ph.
д/ www.bioresurs.com.ua
- 7 Gilazhov E.G., Diarov M.A., Mulikov R.R. Ecology and oil and gas complex.– Almaty: Gylym, 2003. Т.4.– 832 с.

REFERENCES

- 1 Vedenev A.G., Vedeneva T.A. Biogasovye tehnologii v Kyrgyzstane. Bishkek «evro» 2006.-90 s
- 2 Marinenko E.E. Osnovy polushenia i ispolzovania biotopliva dlia reshenia voprosov energosberejenia i ohrany okruжайushей sredi v jilishno-kommunalnom hozyistve: Uchebnoe posobie. –Volograd: VolgGASA, 2003. - 100 s.
- 3 Todorova N. «Energia is musornoi kuchi» Gazeta «Kazakhstanskaya pravda» №192 ot 16 avgusta 2001 g.
- 4 Tonkobaeva L.V etom dome – Biogas. Molodejno ekologo-pravovoi jurnal «Ja I Zemlya», № 7(17), noyabr, 2001 g., 4-5 s.
- 5 Ohotnikov L. Svetlana Baskakova – chlen NPO "Dikaya priroda", Razvitie novih tehnologii. Chto takoe biogas? Jurnal «Spektr razvivya» №3 2002 g., 21 s.
- 6 Internettegi sait adresteri:
а/ ru.wikipedia.org/wiki/Biogas.
б/ zorgbiogas.ru/.
в/ biogas-energy.ru/
г/ www.2g.rus-business.com/biogas.ph.
д/ www.bioresurs.com.ua
- 7 Gilazhov E.G., Diarov M.A., Mulikov R.R. Ecology and oil and gas complex.– Almaty: Gylym, 2003. Т.4.– 832 с.

Биотехнология производства биогаза из бытовых отходов

Резюме. В статье рассмотрены биотехнологические методы получения биогаза из бытовых отходов. Процесс производства биогаза разделен на три стадии: гидролиз, окисление и образование метана. В этом сложном комплексе превращений участвует множество микроорганизмов, главными из которых являются метанообразующие бактерии.

Ключевые слова: биотехнология, биогаз, метанообразующие бактерии.

Adyrbaykyzy R., Satylkhan E.

Biotechnology production of biogas from waste

Summary. The article discusses biotechnological methods to produce biogas from household waste. Biogas production process is divided into three stages: hydrolysis, oxidation of methane and formation. In this complex process involving many microorganisms, the principal of which are methane-producing bacteria.

Key words: biotechnology, biogas, methane-producing bacteria.