

Р. Қасым^{1,2,3}, Е. Ержигитов², Е. Исаханов², А. Баймуханбетов², Т. Шарипов³

¹Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

³С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана. Қазақстан

E-mail: kasym.ruslan@gmail.com

ҚОЙ ФЕРМАЛАРЫН ЭНЕРГИЯМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ АВТОНОМДЫ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ЖҮЙЕСІНІҢ ӨНДІРІСІН СҰЙЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚОЙ КӨҢІНЕ ҚОСУ АРҚЫЛЫ ҰЛҒАЙТУ

Аңдатпа. Қой көңімен араластырылған инкубаторлардың жұмыртқа қалдықтары анаэробты ашыту жүйелерінде энергия тиімділігін арттыру үшін қызықты балама бола алады. Бұл зерттеудің мақсаты инкубаторлардың сұйық қалдықтарын (ИСК) қой шаруашылығының қалдықтарымен араластыра отырып анаэробты ашыту жылжымалы жүйелерінде қолдана отырып, алынатын энергия көздерінің тиімділігін ұлғайту. Зерттеу толық көлемде жүргізілді ИСК төрт деңгейіне сәйкес келетін рандомизацияланған 4×3 факторлық түрінде (0, 10, 20 және 30% жалпы қатты заттар) және үш гидравликалық ұстау уақыты (ГҰУ; 12,17 және 22 күн). Химиялық оттегінің (COD 58,00 және 60,59%) және буланатын қатты заттардың (75,91 және 79,44%) едәуір төмендеуі ИСК 12,65-тен 14,43%-ға дейін қосу арқылы, гидравликалық ұстау уақытына сәйкес 17 және 22 күнде қол жеткізілді. ГҰУ 17 және 22 күнде сәйкесінше биогаз өндірісін көрсетті, дегенімен ГҰУ 17 күнде метан концентрациясының жоғарылауын көрсетті, биогаз құрамы 64,0%, 22 күнмен салыстырғанда 62,2%. Идеалды деңгейді пайдалану ИСК және 17 күндік ГҰУ қой көңін оқшаулап қорыту кезіндегімен салыстырғанда метан өндіруді 25,36% артқанын көрсетті. Экономикалық жағын талдау таза келтірілген құнның нөлдік ықтималдығымен инвестициялық тәуекелдің төмен екенін көрсетті (NPV). Біз ИСК мен қой көңінің бірге қорытылуы мүмкін деген қорытындыға келдік, энергия өндіруді жақсарту және мұндай энергия көздері агроөнеркәсіп кешенінің экономикалық тұрақтылығына ықпал етеді.

Түйінді сөздер. Қой фермалары, энергиямен қамтамасыз ету, автономды жылжымалы жүйе, сұйық қалдықтар, қой көңі, газификациялау.

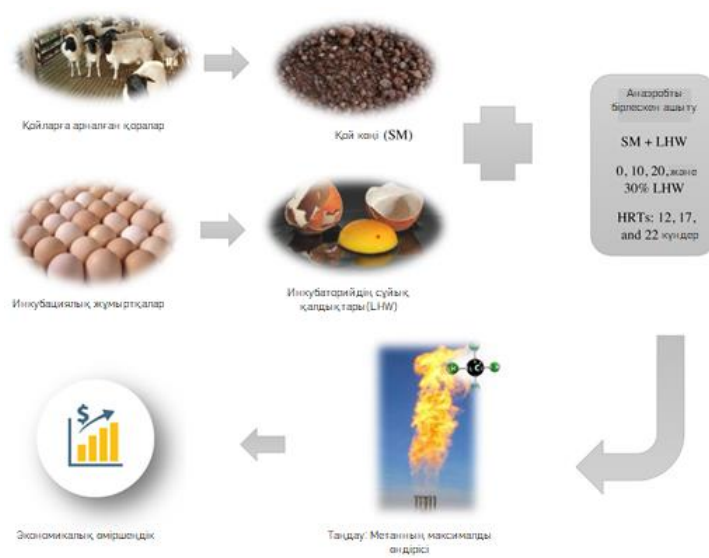
Кіріспе.

Коммерциялық құс еті немесе жұмыртқа өндірісі үшін жауап беретін жұмыртқа инкубациялау қондырғылары қажет матрицаларды, бройлерлерді және жұмыртқалайтын тауықтарды өндіру. Бұл қондырғыларда тауықтар көп мөлшерде қалдықтар шығарады. Сәйкес әрбір 1,0 кг тәуліктік балапандар үшін 0,16 кг инкубациялық қалдықтар түзіледі. Бразилиядағы инкубаторлардың көпшілігі бұл қалдықтарды полигондарға лақтырады, себебі ластану қаупі жоғары және аурудың таралу мүмкіндігі бар. Алайда, мұндай кәдеге жаратуға инкубатор қалдықтарын пайдалануға жол берілмейді және энергия немесе тыңайтқыш өндіру үшін парниктік газдар шығарындыларының көбеюіне ықпал етеді. Инкубациялық цехтың қалдықтарын ағынды сулармен бірге пакеттік биодигетерлерде қорыту (жалпы қатты заттардың (TS) 2% және 60 күндік гидравликалық ұстау уақыты кезінде) қатты заттардың айтарлықтай төмендеуі байқалды және жақсы газ өндіру, дегенмен, биодигетерлерге қосылған қатты заттардың бір бөлігі реактордың түбіне шөгіп, бұл биодигетерлерді бітеп тастауы және уақыт өте келе пайдалы көлемді азайтуы мүмкін. Демек, қатты және сұйық фракциялардың бөлінуі ашыту процесінің жоғары сапасын және реакторлардың беріктігін қамтамасыз ету үшін маңызды. Инкубациялық зауыт

қалдықтарының қатты фракциясын өңдеу үшін компосттау процесі ұсынылады. Осы қалдықтардың қосылуы термофильді фазаның ұзаруына, қатты заттардың азаюына алып келгендігін көрсетті және органикалық тыңайтқыштарды өндіруде гумин және фульвоқышқылдарының ең жақсы қатынасы. Дегенмен, ең жақсыларына инкубациялық зауыттың (ИСК) сұйық қалдықтарын қайта өңдеу нұсқасы жануарлардың көңімен бірге анаэробты ас қорыту болуы мүмкін, өйткені ИСК оқшауланған бөлінуі қарқынды гидролитикалық белсенділікке байланысты жүйені шамадан тыс жүктей алады және нәтижесінде қышқылдықтың жоғарылауына әкеледі. Бірлескен ас қорыту ұсынылады, өйткені оның құрамында ыдырауды арттыруға және энергия шығынын арттыруға қолайлы жағдайлар жасай отырып, құрамдағы тепе-теңдікті қамтамасыз ететін субстраттар бар. Бұл қауымдастық үшін жемшөп жануарларына арналған көңді пайдалану ұсынылады, себебі оның құрамында талшық көп, бұл оңай қол жетімді қоректік заттардың қолжетімділігін арттыруға көмектеседі. Сонымен қатар, күйіс қайыратын жануарлардың көңі оның рН мәнінің күрт төмендеуін болдырмауға көмектесетін жоғары буферлік қабілеті бар. Ірі қара малдың ет көңіне сұйытылған газды қосу кезінде метанның шығымдылығы жақсарады. 18% сұйытылған газды қосқанда метанның шығымдылығы 97,6% тең. Бұл нәтижелер перспективалы болып табылады және жануарлардың көңінен энергия өндіруді арттыру үшін сұйытылған табиғи газды пайдалану мүмкіндігін көрсетеді. Алайда, сұйытылған табиғи газ қосудың ең жақсы деңгейін табу үшін ИСК мерзімді араластыру жүйесімен жұмыс істеу керек және олардың нәтижелері қалдықтарды қайта өңдеуге арналған биодигесторлардың жартылай үздіксіз мониторингімен сәйкес келмеуі мүмкін. Алматы облысының мал фермаларында қолданылатын биопроцессорлық кешендердің көпшілігі жартылай үздіксіз болғандықтан, ИСК қосудың ең жақсы деңгейін, гидравликалық күйде ұстаудың ең қолайлы уақытын және экономикалық орындылығын анықтау үшін зерттеулер жүргізу қажет.

Материалдар мен тәсілдер.

Бұл зерттеу Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University жүргізілді. Инкубациялық зауыттың қалдықтарын Алматы облысы Алатау құс шаруашылығы компаниясы берген, ал қой көңі Оязбекұлы атындағы Көктал қой фермасынан жиналды. 1-суретте осыларға қатысты эксперимент кезеңдерімен ақпарат берілген.



1 сурет - Эксперимент кезеңдерінің сипаттамасы

Сұйық қалдықтар балапан шығаратын компаниядан инкубацияның 18-ші күніне дейін жиналды. Бұл мекемеде бір сатылы инкубациялау үшін бройлер мен Кушин инкубаторларын қолдана отырып, күн сайын 192 000 дейін инкубациялық жұмыртқа өндіруге болады. Жалпы көлемнің 3% құрайтын өндірілген қалдықтар әртүрлі нүктелерде кәдеге жаратылады. Бастапқыда камерада 75 грамнан асатын немесе 48 грамнан төмен, құрамында қос сарысы, ішкі кемшіліктері немесе кірі бар жұмыртқалар көзбен сұрыпталады. Кейіннен таңдалған жұмыртқалар инкубациялық бөлмедегі машиналардың жанына 6 сағат бойы орналастырылады, олардың температурасын біртіндеп шамамен 29°C-қа дейін көтереді. Осыдан кейін олар инкубациялық машиналарға ауыстырылады, онда олар 37,5°C температурада және 83% салыстырмалы ылғалдылықта 19 күн бойы сақталады, желдеткіштің көлбеу бұрышы уақыт өте келе 15-тен 88 градусқа дейін өзгереді.

Инкубациялық процестің 18-ші күніне дейін дамымаған эмбриондар, өміршең емес балапандар және жұмыртқадан шыққан жұмыртқа қабықтары жойылды. Осылайша, сұйық қалдықтар бедеулік жұмыртқалардан және аздаған қабықтардан тұрды жинау кезінде ұсақ ұнтақталуына байланысты оларды қаттырақ фракцияға қосу үшін бөліп алды. Ұсынылған инкубациялық және экскрециялық кезеңдердің диаграммасы жұмыртқа қабығын алып тастау ISC-де ұшпа қатты заттардың (VS) жоғары концентрациясын тудырады және күлдің төмен болуын қамтамасыз етеді (1 кесте).

1 кесте - Субстраттарды дайындау үшін пайдаланылатын қалдықтардың химиялық құрамы

Құрамдас бөліктер	Қой көңі (Қк)	Сұйық инкубациялық қалдықтар (ИСК)
Жалпы қатты заттар (%)	19.00	26.70
Ұшпа қатты заттар (%)	79.23	96.20
Эфир сығындысы (%)	2.00	37.60
N (%)	2.25	7.90
C (%)	23.40	40.27
Бейтарап жуғыш зат талшығы (%)	58.93	табылған жоқ

Әдетте еліміздегі шаруашылықтарда қойдың тезегін қолмен жинап, мал қораларының еденін қырып тазалап тастайды. Бұл жануарлардың жартылай интенсивті жүйе бойынша өсірілуін қамтамасыз етеді, олар күндіз атарды жайылымға жіберіп, түнде қосымша рацион алады.

Нәтижелер және талқылау.

Саналған параметрлердің көпшілігі үшін ИСК және ГҰУ деңгейлері арасында айтарлықтай байланыс байқалды (2 кесте). Болжамдық модельдерге сәйкес, АП төмендеуіне ИСК қосылуы ықпал етті. Максималды төмендетуге қол жеткізу үшін АП (69,53%) 12 күндік жағдай жиілігінде ИСК идеалды деңгейі 13,96% құрады. Сонымен қатар, 17 күндік жағдай жиілігінде ең жоғары көрсеткіш сыналған АП төмендеуі (75,91%) 13,63% ИСК қосу арқылы анықталды, ал 22 күндік ГҰУ -мен салыстырғанда ең жоғары төмендеу анықталды (79,44%), бұл жағдай 12,46% сұйытылған газды қосу арқылы қол жеткізілді (2А-сурет).

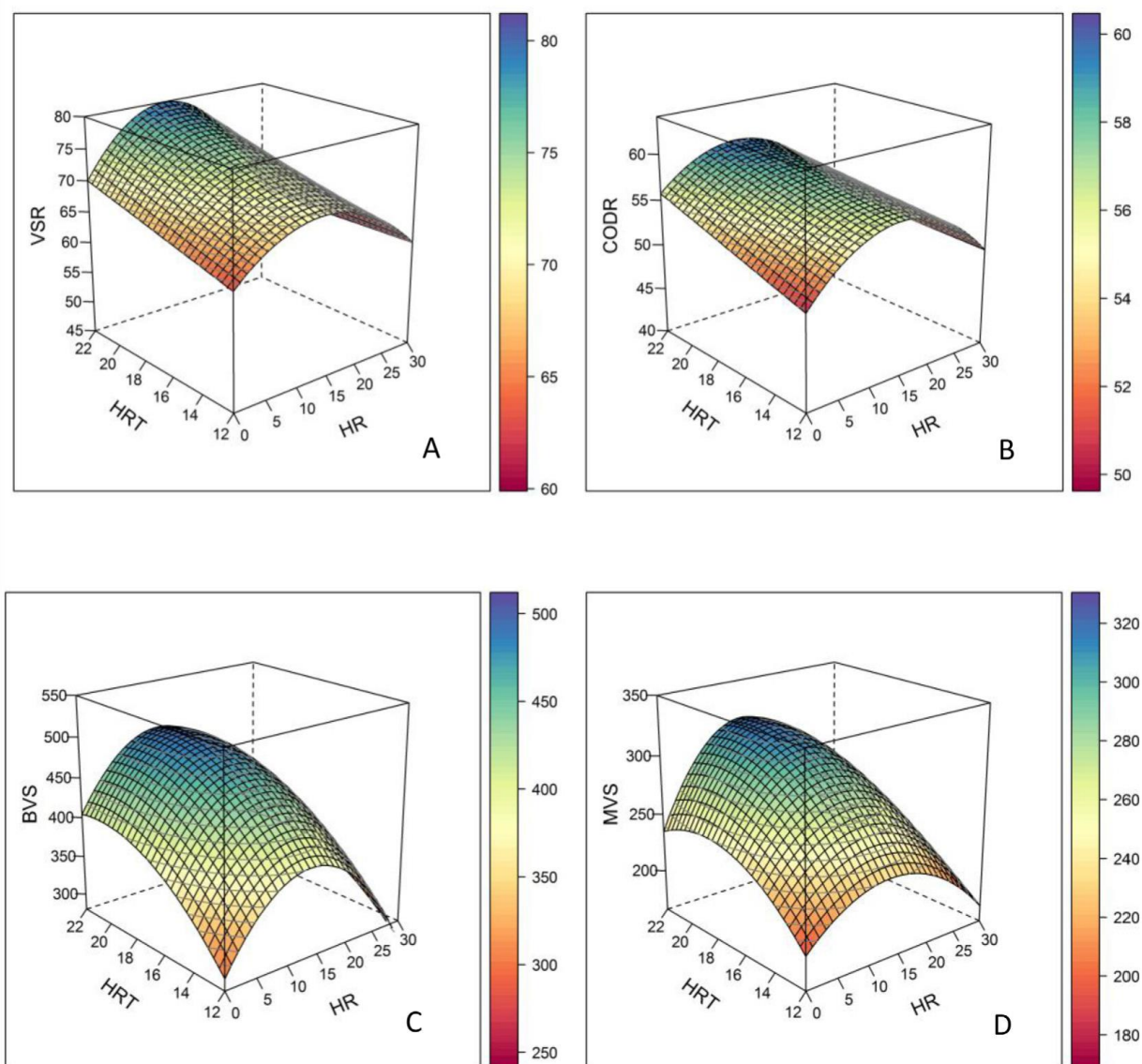
2 кесте - ИСК, ГҰУ және ҚҚ факторлардың орташа мәндері қой көңінің ИСК-мен бірге қорытылуында анықталған маңыздылығы

Параметрлер		Төмендеу (%)			Л кг–1 қосылғанға қарсы	
		ұшпа қатты заттар	бейтарап жуғыш зат талшығы	оттегінің химиялық шығыны	биогаз	метан
ИСК (%)	0	67.11	43.90	52.61	514.80	280.16
	10	72.84	44.60	58.87	555.62	317.72
	20	74.34	44.81	55.86	520.62	284.29
	30	60.87	44.42	51.41	333.98	185.25
ГҰУ (күндер)	12	65.41	43.20	52.93	410.05	224.84
	17	69.51	44.36	55.04	507.23	285.69
	22	71.44	45.73	56.09	526.49	290.03
Стандартты ауытқу		6.54	2.16	3.75	110.25	62.07
Р мәні	ГҰУ деңгейі	<0.05	0.65	<0.05	<0.05	<0.05
	ГҰУ деңгейі	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	ГҰУ деңгейі	<0.05	0.98	0.03	<0.05	<0.05

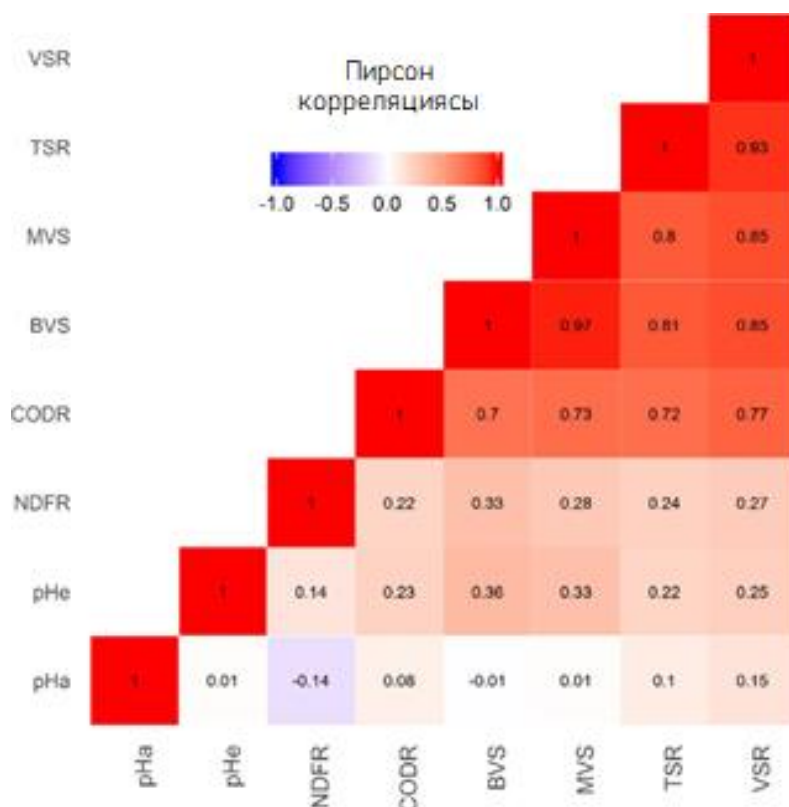
Бұл нәтижелерді құрамында органикалық материалдың едәуір мөлшері бар ИСК қосу арқылы химиялық құрамның жақсаруымен түсіндіруге болады (1-кесте). Липидтерге бай қалдықтар азотқа бай заттармен бірге қорытуға тартымды, өйткені олар құрамды теңестіріп, метан түзудің жоғары әлеуетіне ықпал етеді. Бұл жағдайда пайдаланылған ИСК инкубацияның бастапқы кезеңдерінде алынған қалдықтардан тұрды, олар азот пен липидтердің жоғарылауымен сипатталады. Липидтердің жоғарылауы бұл қалдықтардың анаэробты ашыту кезінде көңмен бірге метанның пайда болуына ықпал ететіндігін көрсетеді. Дегенмен, липидтерге бай қалдықтарды пайдалану өнімділіктің белгілі бір шегіне дейін ғана тиімді, өйткені артық қышқылдық биогаз қондырғысының флотация процесінде бітелу және биомассаның жиналуы, сондай-ақ микробиологиялық бөліну фазаларының кинетикасына қосымша әсер ету сияқты мәселелерге әкелуі мүмкін. Анаэробты ыдыраудың бастапқы кезеңінде липазалар триглицеридтерді гидролиздеп, бос ұзын тізбекті май қышқылдарын (LCFA) және глицеринді шығарады, олар кейіннен ацетатқа айналады. Алайда, LCFA сонымен қатар биохимиялық β-тотығу (синтрофиялық ацетогенез) арқылы сутегі мен көмірқышқыл газын түзе алады, содан кейін метаногенез фазасына ауысады. Жасуша қабырғаларында адсорбция нәтижесінде LCFA жинақталуы жасушалық тасымалдау процестерін тежеу арқылы микроорганизмдерге зиянды болуы мүмкін.

Сондықтан микробтық белсенділіктің толық тежелуіне жол бермеу және қалдықтары бар ортаға бейімделуді қамтамасыз ету үшін субстратты алдыңғы процеске сәйкес өңдеу қажет (жүйені шамадан тыс жүктеместен), әсіресе қалдықтардың биодеградациясы жоғары болған кезде. 15 күн бойы жартылай үздіксіз араластырылған мезофильді реакторды пайдаланған кезде ағынды сулармен бірге липидтерге бай қалдықтардың (массасы бойынша 36%) қосылуы Ұшпа қатты заттардың (VS) 57% - ға төмендеуіне әкеліп соқтырғаны байқалды, бұл бақылау өңдеуімен салыстырғанда 17% - ға

өсті. VS төмендеуі әсіресе осы экспериментте, әсіресе 17 күндік гидравликалық ұстауда (ГҰУ) байқалды. Сол сияқты, мезофильді температурада араластыруда және 15 күндік алдын ала процесте ағынды сулардың тұнбасына айналатын 40% липидті қалдықтарды қосқанда VS (59%-дан астам) айтарлықтай төмендеуі анықталды. Бұл нәтижелер жартылай үздіксіз жүйенің липидті қалдықтарды өндеуге жарамды екенін көрсетеді, бұл органикалық фракцияның едәуір бөлігін тиімді түрде жояды, нәтижесінде биогаз бен метанның шығымы жоғары болады. Хитиннің 14,78%, 14,43% және 12,65% қосылуы треска популяциясының ең азаюына әкелді, сәйкесінше 12, 17 және 22 күннен кейін 55,71%, 58,00% және 60,59% жетті (2В сурет және кесте 5). ҚКП мен қалпына келтіру арасында жоғары корреляция (0,77) байқалды (сурет 3), бұл биогаз бен метанның өндірісі мен потенциалына оң әсер ететін осы субстрат фракциясының ыдырауы үшін хитиннің қосылуынан туындаған органикалық жүктеменің жоғарылауына кедергі жасамайтынын көрсетеді. Бастапқы рН мәндері барлық салыстырылатын айнымалылармен 0,15-тен төмен корреляцияны көрсетті, бұл хитиннің қосылуы ағынның рН-на аз әсер еткенін көрсетеді.



2 сурет - Процесс барысында ұшатын қатты заттардың тотықсыздануының нәтежиелері



3 сурет - Белшектердің жалпы азаюы (TSR), ұшатын қатты заттардың азаюы (VSR), бейтарап жуғыш заттың талшықтарының азаюы параметрлері арасындағы Пирсон корреляциясы

Ағынды сулардың рН көрсеткіші мұндай күшті корреляцияны көрсетпеді. Алайда, корреляцияға сүйене отырып, субстраттың жақсартылған құрамы оң әсер етіп, биогаз бен метанның нақты өндірісіне қатысты 0,3 жоғары мәндерді тіркеді. Демек, қой көңіне ИСҚ қосқанда рН айтарлықтай өзгерген жоқ, дегенмен бұл қалдықтардың ас қорыту процесінде микроорганизмдерді қоректік заттармен қамтамасыз етуді жақсартуға қосқан үлесі бүкіл процесте жақсартылған корреляцияны көрсетті. Биогаз бен метан өндірісіне ИСҚ және гидравликалық экспозиция уақытының (ГҰУ) қосылуы әсер етті (2С және 2D сурет). Болжамдар 12, 17 және 22 күндік ГҰУ кезеңдері үшін оңтайлы ИСҚ мазмұны 12,12%, 13,60% және 13,48% екенін көрсетті, нәтижесінде биогаздың шығымы сәйкесінше кг-1 үшін 364,44, 490,75 және 503,22 литр болады. Бұл нәтижелер 17 және 22 күндік ГҰУ ұзағырақ кезеңдерінде дәстүрлі емдеумен салыстырғанда 12 күн ішінде жоғары ИСҚ мазмұны байқалғанын көрсетті (2 сурет). Сонымен қатар, есептелген модельдерге сәйкес метан өндірісі 226,96, 314,30 және 313,39 л/кг–1-ге жетті, сәйкесінше 12, 17 және 22 күндегі әдеттегі өңдеумен салыстырғанда (2.- сурет). Бұл нәтижелер қой көңін оқшауланған ашыту кезінде биогаз бен метанның меншікті өндірісінің сәйкесінше 27% және 25% орташа өсуін көрсетті (17 күн ішінде әдеттегі өңдеумен салыстырғанда). Алайда, болжамды модельде көрсетілген оңтайлы ГҰУ деңгейінде биогаз бен метан өндірісі сәйкесінше 22 күнде 27% және 34% өсті. ИСҚ-ың биогаз бен энергия өндірісіне қосқан үлесі ағындағы ақуыздар мен липидтердің көбеюі арқылы органикалық жүктеменің жақсаруымен байланысты болды. Мүмкін, бұл зерттеуде мұндай нәтижелер байқалмады, өйткені метанның шығымы қанағаттанарлық болды, треска концентрациясы критикалық шектен төмен болды және биологиялық ыдырауды талдау кезінде рН төмендегені байқалмады.

ИСК Органикалық заттардың сұйықтығының жоғарылауына ықпал еткенімен, онда талшықты фракциялар жоқ (1 кесте), бұл субстраттағы ИСК мөлшері жоғары болған кезде NDF деңгейінің төмендеуіне әкеледі. ИСК қосылуы емдеу сынағы кезінде NDF деңгейінің төмендеуіне айтарлықтай әсер еткен жоқ ($P>0,05$). Лопес және т.б. (2016) қарама-қарсы нәтижелерді байқады, бұл мерзімді биоөндеу қондырғыларында ИСК және сиыр көңін бірге қорыту кезінде NDF айтарлықтай төмендегенін атап өтті. Олар мұны ИСК қосқанда бастапқы биодеградация фазасында (ацидогендік фаза) байқалған ең төменгі рН деңгейлерімен түсіндірді, бұл гемицеллюлоза фракциясының еруінің жоғарылауына әкеледі. Оларды зерттеу барысында гемицеллюлоза қой көңінің жалпы талшықты фракциясының негізгі құрамдас бөлігі ретінде анықталды және оның субстраттың рН 6,30-дан төмен жылдамдықпен еруі байқалды. Керісінше, ағымдағы зерттеудегі рН мәндері 6,85-тен 7,27 дейін болды, бұл гемицеллюлозаның еруіне немесе NDF төмендеуіне ықпал етпеді. ГҰУ-нің әртүрлі түрлері NDF төмендеуіне әсер етті, ең маңызды төмендеу 12 күндік ГҰУ - мен салыстырғанда 22 және 17 күндік ГҰУ-де байқалды. Өсімдік жасуша қабырғасының, әсіресе лигниннің болуы биогаздың қорытылуына және бөлінуіне теріс әсер етеді, өйткені лигнин целлюлозаны гемицеллюлозамен байланыстыру арқылы биомассаны нығайту және инерттеу үшін байланыстырушы зат ретінде әрекет етеді. Демек, талшыққа бай материалдар (өсімдік жасушаларының қабырғаларының жоғары үлесі) және қатты лигнификацияланған материалдар тиімді ыдырау үшін ГҰУ ұзағырақ болуын талап етеді, бұл ГҰУ жоғарылауы NDF-тің айтарлықтай төмендеуіне әкелгенін түсіндіреді. Барлық сыналған ашыту жағдайларының ішінде метанның шығымдылығын арттыру және қатты заттар мен тресканың қанағаттанарлық төмендеуін қамтамасыз ету үшін оңтайлы комбинация, нәтижесінде жоғары сапалы био тыңайтқыш, ГҰУ ретінде 13 күн ішінде орташа есеппен 17% сұйытылған мұнай газын қосу болды. Осы тұжырымдарға сүйене отырып, бұл шарт экономикалық орындылықты талдау үшін таңдалды.

Қорытынды.

Жартылай үздіксіз биореакторларда қой көңінің анаэробты бірге қорытылуына ИСК қосу оның ыдырауын едәуір жақсартты, органикалық қосылыстар және биогаз бен метан өндірісінің тиімділігіне ықпал етті. Зерттеу ГҰУ бірге қорыту процесіне әсер ететінін растады және 12 күн тым аз болғанымен, бұл үшін өте аз уақыт қажет екенін көрсетті. Дұрыс толық ыдырау үшін 17 күн өте тиімді болып шықты және 22 күндік тиімді ГҰУ сияқты нәтижелер көрсетті. Егер ГҰУ 17 күн болса тиімді сақтау орын алады, содан кейін орташа есеппен 13% ИСК қосу арқылы ашыту процесі, сондай-ақ биогаз бен метанның өндірісінің максималды тиімді мөлшеріне қол жеткізуге болады.

Экономикалық талдау анаэробты қорытқышқа инвестициялау инвестиция тәуекелінің төмен деңгейін көрсетеді деген қорытындыға келдік, өйткені NPV теріс болу ықтималдығы нөлге тең болды. Өзіндік құны 4,57 жылды құрады және ең маңызды құрамдас бөліктер NPV ауытқуы және инвестициялық қор - 1 кВт·сағ мәнін көрсетті.

Алғыс. Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі AP15473741 «Қой фермаларын энергиямен қамтамасыз етудің автономды жылжымалы жүйесін зерттеу және құру» жобасы шеңберінде дайындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Acuña, E., Rubilar, R., Cancino, J., Albaugh, T.J., Maier, C.A., 2018. Economic assessment of eucalyptus globulus short rotation energy crops under contrasting silvicultural intensities on marginal agricultural land. Land Use Policy 32, 9–337.

- [2] Tlenshiyeva, A., Tostado-Véliz, M., Hasanien, H. M., Khosravi, N., & Jurado, F. (2024). A data-driven methodology to design user-friendly tariffs in energy communities. *Electric Power Systems Research*, 228, 110108. DOI: 10.1016/j.epsr.2023.110108
- [3] Mohamed NA, Hasanien HM, Alkuhayli A, Akmaral T, Jurado F, Badr AO. Hybrid Particle Swarm and Gravitational Search Algorithm-Based Optimal Fractional Order PID Control Scheme for Performance Enhancement of Offshore Wind Farms. *Sustainability*. 2023; 15(15):11912. <https://doi.org/10.3390/su151511912>
- [4] Hashish MS, Hasanien HM, Ji H, Alkuhayli A, Alharbi M, Akmaral T, Turkey RA, Jurado F, Badr AO. Monte Carlo Simulation and a Clustering Technique for Solving the Probabilistic Optimal Power Flow Problem for Hybrid Renewable Energy Systems. *Sustainability*. 2023; 15(1):783. <https://doi.org/10.3390/su15010783>
- [5] Baibolov, A., Sydykov, S., Alibek, N., Tokmoldayev, A., Turdybek, B., Jurado, F., & Kassym, R. (2022). Map of zoning of the territory of Kazakhstan by the average temperature of the heating period in order to select a heat pump system of heat supply: A case study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 44(3), 7303–7315. <https://doi.org/10.1080/15567036.2022.2108168>
- [6] Utegenova, A., Bapyshev, A., Suimenbayeva, Z., Aden, A., Kassym, R., & Tansaule, S. (2023). Development system for coordination of activities of experts in the formation of machineschetable standards in the field of military and space activities based on ontological engineering: a case study. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(2 (125)), 67–77. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288542>
- [7] Nurmaganbetova, G., Issenov, S., Kaverin, V., Em, G., Asainov, G., Nurmaganbetova, Z., Bulatbayeva, Y., & Kassym, R. (2024). Indirect temperature protection of an asynchronous generator by stator winding resistance measurement with superimposition of high-frequency pulse signals. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(8 (128)), 46–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.302872>
- [8] Sultan, Aidos, Gulnaz Yermoldina, Ruslan Kassym, Tansaule Serikov, Serik Bekbosynov, Nursultan Yernazarov, Akmaral Tlenshiyeva, Ali Samat, Erkin Yerzhigitov, and Yerdaulet Beibit. “Research and Construction of an Adaptive Drive with Increased Efficiency Based on a Balancing Friction Clutch.” *Vibroengineering Procedia* 54 (April 4, 2024): 334–40. <https://doi.org/10.21595/vp.2024.23971>.
- [9] Bimurzaev, S., Aldiyarov, N., Yerzhigitov, Y., Tlenshiyeva, A., & Kassym, R. (2023). Improving the resolution and sensitivity of an orthogonal time-of-flight mass spectrometer with orthogonal ion injection. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(5 (126)), 43–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290649>
- [10] Akmaral Tlenshiyeva, Marcos Tostado-Véliz, Hany M. Hasanien, Nima Khosravi, Francisco Jurado, A data-driven methodology to design user-friendly tariffs in energy communities, *Electric Power Systems Research*, Volume 228, 2024, 110108, ISSN 0378-7796, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.110108>.
- [11] Hashish, M.S.; Hasanien, H.M.; Ji, H.; Alkuhayli, A.; Alharbi, M.; Akmaral, T.; Turkey, R.A.; Jurado, F.; Badr, A.O. Monte Carlo Simulation and a Clustering Technique for Solving the Probabilistic Optimal Power Flow Problem for Hybrid Renewable Energy Systems. *Sustainability* 2023, 15, 783. <https://doi.org/10.3390/su15010783>
- [12] Mohamed, N.A.; Hasanien, H.M.; Alkuhayli, A.; Akmaral, T.; Jurado, F.; Badr, A.O. Hybrid Particle Swarm and Gravitational Search Algorithm-Based Optimal Fractional Order PID Control Scheme for Performance Enhancement of Offshore Wind Farms. *Sustainability* 2023, 15, 11912. <https://doi.org/10.3390/su151511912>

Ruslan Kassym, senior lecturer, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Kazakh national agrarian resarech university, Kazakh AgroTechnical University Named After S.Seifullin, Almaty, Kazakhstan, kasym.ruslan@mail.ru

Erkin Erzhigitov, teacher, Kazakh national agrarian resarech university, Almaty, Kazakhstan, erzhigitoverkin33@gmail.com

Muratbek Isahanov, candidate of technical sciences, professor, Kazakh national agrarian resarech university, Almaty, Kazakhstan, imuratbek@mail.ru

Almas Baimuhanbetov, doctoral student, Kazakh national agrarian resarech university, Almaty, Kazakhstan, almas.baimuhanbetov@mail.ru

Turarbek Sharipov, doctoral student, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, doctoral student, Almaty, Kazakhstan, tokmoldaev_a@mail.ru

INCREASING THE PRODUCTION OF AN AUTONOMOUS MOBILE ENERGY SYSTEM FOR SHEEP FARMS BY ADDING LIQUID WASTE TO SHEEP MANURE

Abstract. Egg waste from incubators mixed with sheep manure can be an interesting alternative to improve energy efficiency in anaerobic fermentation systems. The aim of this study is to increase the efficiency of energy sources obtained by mixing hatchery liquid waste (LIW) with sheep waste in anaerobic fermentation mobile systems. The study was carried out in a randomized 4 × 3 factorial design corresponding to four levels of IDF (0, 10, 20 and 30% total solids) and three hydraulic retention times (HDR; 12, 17 and 22 days). A significant reduction in chemical oxygen (COD 58.00 and 60.59%) and volatile solids (75.91 and 79.44%) was observed by adding OD from 12.65 to 14.43%, according to the hydraulic retention time of 17 and was achieved in 22 days. The GHG showed biogas production at 17 and 22 days, respectively, although the GHG showed an increase in methane concentration at 17 days, with a biogas content of 64.0%, compared to 62.2% on the 22nd day. The use of the ideal level showed an increase in methane production by 25.36% compared to the isolated digestion of ISK and 17-day GNU sheep manure. The economic side analysis showed that the investment risk is low with zero probability of net present value (NPV). We concluded that co-digestion of ISF and sheep manure can improve energy production and such energy sources contribute to the economic stability of the agro-industrial complex.

Keywords. Sheep farms, energy supply, autonomous mobile system, liquid waste, sheep manure, gasification.

Руслан Қасым, сениор-лектор, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Алматы, Казахстан, kasym.ruslan@mail.ru

Еркин Ержигитов, преподаватель, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, erzhigitoverkin33@gmail.com

Мұратбек Исаханов, к.т.н., профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, imuratbek@mail.ru

Алмас Баймуханбетов, докторант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, almas.baimuhanbetov@mail.ru

Тұрарбек Шарипов, докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, Алматы, Казахстан, tokmoldaev_a@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ДЛЯ ОВЦХОДОВ ПУТЕМ ДОБАВЛЕНИЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ В ОВЕЧЬИ НАВОЗ

Аннотация. Яичные отходы из инкубаторов, смешанные с овечьим навозом, могут стать интересной альтернативой для повышения энергоэффективности в системах анаэробной ферментации. Целью данного исследования является повышение эффективности источников энергии, получаемых путем смешивания жидких отходов инкубаториев (ЖИ) с отходами овец в мобильных системах анаэробной ферментации. Исследование проводилось в рандомизированном факторном дизайне 4×3 , соответствующем четырем уровням IDF (0, 10, 20 и 30% общего содержания твердых веществ) и трем временам гидравлического удерживания (HDR: 12, 17 и 22 дня). Значительное снижение содержания химического кислорода (58,00 и 60,59%) и летучих твердых веществ (75,91 и 79,44%) наблюдалось при добавлении OD с 12,65 до 14,43%, согласно времени гидравлического удерживания 17, и было достигнуто за 22 дня. ПГ показал выработку биогаза на 17 и 22 днях соответственно, хотя ПГ показал увеличение концентрации метана на 17 сутках с содержанием биогаза 64,0% по сравнению с 62,2% на 22-й день. Использование идеального уровня показало увеличение продукции метана на 25,36% по сравнению с изолированным сбраживанием ИСК и 17-дневного ГНУ овечьего навоза. Анализ экономической стороны показал, что инвестиционный риск низкий с нулевой вероятностью чистой приведенной стоимости (NPV). Мы пришли к выводу, что совместное сбраживание ISF и овечьего навоза может улучшить производство энергии, и такие источники энергии способствуют экономической стабильности агропромышленного комплекса.

Ключевые слова. Овцеводческие фермы, энергоснабжение, автономная мобильная система, жидкие отходы, овечий навоз, газификация.
