



UDK 620.925:631.86

**“CHORVACHILIK CHIQINDILARIDAN BIOGAZ OLISH  
TEKNOLOGIYASINI OPTIMALLASHTIRISHDA TERMOFIL VA  
MEZOFIL FERMENTATSIYA REJIMLARINING QIYOSIY TAHLILI”**

*Qarshi davlat texnika universiteti*

*“Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirish va qayta ishlash  
texnologiyasi” kafedrasi dotsenti Nurillayev Raxmat Yarashevich q.x.f.n.*

*(ORCID 0009-0000-4460-2853)*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada chorvachilik chiqindilarini anaerob parchalashda mezofil (37°C) va termofil (55°C) harorat rejimlarining biogaz unumdorligi hamda bioo‘g‘it sifatiga ta’siri tadqiq etilgan. Tadqiqot obyekti sifatida qoramol, qo‘y va parranda go‘ngi aralashmalaridan foydalanildi. Termofil rejimda biogaz ajralishi mezofilga nisbatan 1,5 barobar tezlashishi va metan miqdori 72% gacha ortishi aniqlandi. Mikrobiologik tahlillar (QMAFAN) ushbu sharoitda patogen mikrofloraning 99% gacha zararsizlanishini va yuqori ozuqaviy qiymatga ega bioo‘g‘it shakllanishini tasdiqladi. Maqola yakunida chorvachilik komplekslarida biogaz ishlab chiqarishni optimallashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy takliflar ilgari surilgan.

**Tayanch so‘zlar:** *anaerob parchalash, biogaz, termofil rejim, mezofil rejim, bioo‘g‘it, metan unumdorligi, patogen mikroflora.*

**Аннотация.** В статье исследовано влияние мезофильного (37°C) и термофильного (55°C) температурных режимов на продуктивность биогаза и качество биоудобрений при анаэробном разложении отходов животноводства. В качестве объектов исследования использованы смеси навоза КРС, овец и птичьего помета. Установлено, что в термофильном режиме выход биогаза ускоряется в 1,5 раза, а содержание метана увеличивается до 72% по сравнению с мезофильным. Микробиологический анализ (КМАФАнМ)



подтвердил обезвреживание патогенной микрофлоры до 99% в термофильных условиях и формирование биоудобрений с высокой питательной ценностью. В завершение предложены научно-практические рекомендации по оптимизации производства биогаза на животноводческих комплексах.

**Ключевые слова:** анаэробное разложение, биогаз, термофильный режим, мезофильный режим, биоудобрение, выход метана, патогенная микрофлора.

**Abstract.** This article investigates the impact of mesophilic (37°C) and thermophilic (55°C) temperature regimes on biogas productivity and biofertilizer quality during the anaerobic digestion of livestock waste. The study utilized mixtures of cattle, sheep, and poultry manure as research objects. The results demonstrated that the thermophilic regime (55°C) accelerates biogas release by 1.5 times compared to the mesophilic regime and increases methane content up to 72%. Microbiological analysis (QMAFAnM) confirmed up to 99% neutralization of pathogenic microflora and the formation of nutrient-rich biofertilizers under thermophilic conditions. The study concludes with practical recommendations for optimizing biogas production in livestock complexes through feedstock combination.

**Keywords:** anaerobic digestion, biogas, thermophilic regime, mesophilic regime, biofertilizer, methane yield, pathogenic microflora.

**KIRISH.** Global energetika tanqisligi va ekologik muammolar kuchaygan bir sharoitda, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, xususan, chorvachilik chiqindilarini qayta ishlash orqali bioqaz olish masalasi strategik ahamiyat kasb etmoqda. O‘zbekistonda iqtisodiyot tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish va "yashil" texnologiyalarni amaliyotga joriy etish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Bu borada O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrdaqi PQ-436-sonli hamda 2019-yil 4-oktabrdagi PQ-4477-sonli qarorlarida qayta



tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish va 2019-2030 yillarda mamlakatning «yashil» iqtisodiyotga o'tish strategiyasini amalga oshirish bo'yicha muhim vazifalar belgilangan. Mazkur hujjatlarda organik chiqindilarni utilizatsiya qilish va biogaz qurilmalari tarmog'ini kengaytirish orqali energiya mustaqilligini ta'minlashga alohida e'tibor qaratilgan.

Chorvachilik chiqindilaridan biogaz olish murakkab biotexnologik jarayon bo'lib, uning unumdorligi anaerob fermentatsiyaning harorat rejimiga va xomashyo sifatiga bevosita bog'liq. Ilmiy ma'lumotlarga ko'ra, mezofil (30-40°C) va termofil (50-60°C) sharoitlar mikroorganizmlar faolligi hamda metan hosil bo'lish hajmi jihatidan keskin farqlanadi. Shu bilan birga, respublikamizda qishloq xo'jaligi klasterlarining rivojlanishi chiqindisiz texnologiyalarni talab etmoqda. Bu esa turli xil (qoramol, parranda va qo'y) go'ng aralashmalarining biokimyoviy imkoniyatlarini qiyosiy o'rganish dolzarbligini belgilaydi.

**TADQIQOT MATERIALLARI VA METODIKASI.** Tadqiqot obyekti sifatida G'uzor tumanidagi (Sho'rtan qo'rg'oni) chorvachilik va parrandachilik xo'jaliklaridan olingan qoramol, qo'y va parranda go'ngi aralashmalari tanlandi. Xomashyo namunalari begona aralashmalardan tozalanib, namlik ko'rsatkichi 90-92% gacha yetkazildi.

Tajribalar haroratni avtomatik boshqaruvchi, gaz hisoblagich va datchiklar bilan jihozlangan 5 litrli germetik laboratoriya bioreaktorlarida (metantank) o'tkazildi. Jarayon ikki xil rejimda qiyosiy tahlil qilindi:

-Mezofil rejimda bioreaktor harorati  $37\pm 1^{\circ}\text{C}$  darajada saqlab turildi (fermentatsiya muddati 25 kun).

-Termofil rejimda bioreaktor harorati  $55\pm 1^{\circ}\text{C}$  darajada saqlab turildi (fermentatsiya muddati 15 kun).

Mikrobiologik tahlillar doirasida mezofil aerob va fakultativ-anaerob mikroorganizmlar miqdori (QMAFAN) Koch usuli bo'yicha go'sht-peptonli agarda



(GPA) aniqlandi. Metanogen bakteriyalar faolligi mikroskopik va biokimyoviy testlar yordamida nazorat qilindi.

Biogaz tarkibidagi metan ( $\text{CH}_4$ ) va karbonat anhidrid ( $\text{CO}_2$ ) miqdori gaz xromatografiyasi orqali o'Ichandi. Fermentatsiyadan keyingi bioo'g'itning agrokimyoviy tarkibi (N, P, K) Kyeldal va boshqa standart uslublar yordamida tahlil etildi.

### TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI.

O'tkazilgan tajribalar natijasida chorva go'ngi aralashmalaridan biogaz ajralib chiqish jarayoni mezofil ( $37^\circ\text{C}$ ) va termofil ( $55^\circ\text{C}$ ) rejimlarida keskin farq qilishi aniqlandi.

1-jadval.

**Turli harorat rejimlarida biogaz unumdorligining qiyosiy ko'rsatkichlari**

Xomashyo tarkibi	Rejim turi	Fermentatsiya muddati (kun)	Biogaz unumi (l/kg QM)	Metan ( $\text{CH}_4$ ) miqdori, %
100% qoramol go'ngi	Mezofil	25	320	55-60
100% qoramol go'ngi	Termofil	15	410	62-65
Aralashma (50:25:25)	Mezofil	22	450	58-62
Aralashma (50:25:25)	Termofil	12	580	68-72

1-jadval ma'lumotlariga ko'ra, anaerob fermentatsiya samaradorligi tanlangan harorat rejimi va xomashyo tarkibiga bevosita bog'liqligi aniqlandi. Barcha sinov variantlarida termofil rejim ( $55^\circ\text{C}$ ) mezofil rejimga ( $37^\circ\text{C}$ ) nisbatan sezilarli darajada yuqori ko'rsatkichlarni namoyon etdi.



Xususan, 100% qoramol go'ngi substrat sifatida qo'llanilganda, termofil sharoitda biogaz unumi 410 l/kg QM ni tashkil etib, mezofil rejimga (320 l/kg QM) nisbatan 28% ga yuqori natija berdi. Shu bilan birga, fermentatsiya muddati 25 kundan 15 kungacha (40% ga) qisqarishi bioreaktorning ish unumdorligi oshishini ko'rsatdi.

Eng yuqori texnologik ko'rsatkichlar qoramol, parranda va qo'y go'ngi (50:25:25 nisbatda) kombinatsiyasida kuzatildi. Mazkur aralashma termofil rejimda 580 l/kg QM biogaz ajratib chiqardi, bu nazorat variantidan (faqat qoramol go'ngi, mezofil) 1,8 barobar ko'pdir. Metan (CH<sub>4</sub>) miqdori ushbu variantda maksimal 72% ni tashkil etdi.

Ushbu samaradorlik termofil metanogen bakteriyalarning yuqori metabolik faolligi hamda turli xil go'ng aralashmalarida uglerod va azot (C:N) nisbatining optimallasishi natijasida mikroorganizmlar uchun qulay muhit yaratilgani bilan izohlanadi.

2-jadval natijalari xomashyoni kombinatsiyalash (co-digestion) usuli yakka tartibdagi fermentatsiyaga qaraganda samaraliroq ekanini ko'rsatdi. Qoramol, qo'y va parranda chiqindilari aralashmasida organik moddalarning parchalanishi 61,3% ga yetib, nazorat variantidan 18,8% ga yuqori natija berdi.

**2-jadval.**

**Xomashyo tarkibining organik moddalar destruksiyasi va bioo'g'it sifat ko'rsatkichlariga ta'siri**

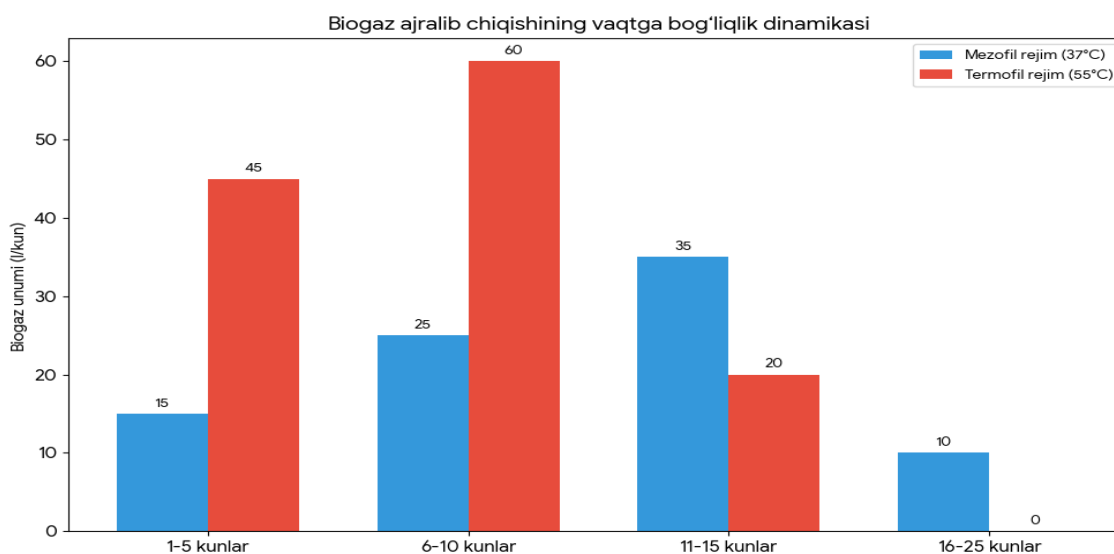
Xomashyo tarkibi variantlari	Organik moddalarning parchalanish darajasi (%)	Biogazning issiqlik sig'imi (MJ/m <sup>3</sup> )	Bioo'g'itdagi umumiy azot (N, %)	QMAFAN miqdori (KHB/g)
Nazorat (100% qoramol)	42,5	20,4	1,8	10 <sup>5</sup>



Qoramol+ Qo'y (70:30)	48,2	21,8	2,1	10 <sup>4</sup>
Qoramol+ Parranda (70:30)	54,6	23,5	2,8	10 <sup>3</sup>
Aralashma (qoramol+qo'y+parranda)	61,3	25,2	3,4	<10 <sup>3</sup>

Olingan bioo'g'it tarkibidagi azot miqdori (3,4%) uning yuqori agrokimyoviy qiymatini tasdiqlaydi. Mikrobiologik tahlillarga ko'ra, termofil sharoitda QMAFAN miqdori <10<sup>3</sup> KHB/g gacha kamaygan. Bu chiqindining sanitariya jihatidan to'liq zararsizlantirilganligini va uni qishloq xo'jaligida xavfsiz qo'llash mumkinligini isbotlaydi.

Mezofil va Termofil rejimlarida biogaz ajralib chiqish jadalligi dinamikasi (l/kun).



Termofil rejimda jarayon jadal kechib, dastlabki 10 kunda maksimal unumdorlikka (60 l/kun) erishildi va 15-kunga kelib yakunlandi. Mezofil rejimda esa gaz ajralishi sekinroq kechib, eng yuqori ko'rsatkich (35 l/kun) 11–15-kunlarga to'g'ri keldi. Xulosa qilib aytganda, termofil sharoitda mikrobiologik jarayonlar 2–3 barobar tezroq kechadi, bu esa bioreaktor unumdorligini oshirib, ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi.



Mikrobiologik tahlillar termofil rejimning yuqori sanitariya samaradorligini tasdiqladi: patogen mikroflora (*Salmonella*, *E.coli*) 98–99% gacha, QMAFAN miqdori esa  $10^3$  KHB/g gacha kamaydi. Mezofil rejimda bu ko‘rsatkichlar pastroq bo‘lib (80–85%), bioo‘g‘itni qo‘shimcha zararsizlantirishni talab etadi. Shuningdek, termofil haroratda organik moddalarning chuqur destruksiyasi natijasida bioo‘g‘it tarkibidagi eruvchan azot va fosfor miqdori 12–15% ga yuqori bo‘lishi aniqlandi.

### **XULOSA.**

-Chorvachilik chiqindilarini anaerob qayta ishlashda termofil rejim ( $55^{\circ}\text{C}$ ) mezofil rejimga nisbatan fermentatsiya vaqtini 40-50% ga qisqartirish bilan birga, biogaz unumdorligini 1,5 barobarga oshirish imkonini beradi.

-Turli xil go‘ng turlarini birgalikda fermentatsiyalash uglerod va azot (C:N) nisbatini optimallashtirib, organik moddalarning parchalanish darajasini 61,3% gacha yetkazadi.

-Termofil fermentatsiya natijasida olingan bioo‘g‘it patogen mikrofloradan xoli (sanitariya jihatdan xavfsiz) hamda asosiy ozuqa elementlariga (N 3,4%) boyligi bilan yuqori agrokimyoviy qiymatga ega.

### **AMALIY TAKLIFLAR**

-Yirik chorvachilik va parrandachilik xo‘jaliklarida bioreaktorlarning o‘tkazuvchanlik quvvatini oshirish va jarayonni 12-15 kungacha tezlashtirish uchun ishlab chiqarishni termofil rejimda ( $55^{\circ}\text{C}$ ) tashkil etish maqsadga muvofiq.

-Metan miqdorini maksimal darajaga (70% va undan yuqori) ko‘tarish uchun xomashyo sifatida qoramol, qo‘y va parranda chiqindilarining 50:25:25 nisbatdagi aralashmasidan foydalanish tavsiya etiladi.

-Biogaz qurilmalarida texnologik barqarorlikni ta‘minlash uchun avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish lozim. Zero, haroratning hatto  $1-2^{\circ}\text{C}$  ga o‘zgarishi ham metanogen bakteriyalar faolligiga va gaz unumiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi.



## ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktabrdagi “2019-2030 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining «yashil» iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-4477-sonli qarori.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrdagi “2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-436-sonli qarori.

3. ГОСТ 33917-2016. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Эфлюент (биоудобрение жидкое). Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2017. — 32 с.

4. Deublein D., Steinhauser A. Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction. — Wiley-VCH, 2nd Edition, 2011. — 578 p.

5. Ivanov S.V. Comparative analysis of mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of agricultural waste // Applied Microbiology and Biotechnology. — 2018. — Vol. 102(15). — P. 6341–6352.

6. Karimov I.R. Qishloq xo‘jaligi chiqindilarini qayta ishlashda mikrobiologik jarayonlarni boshqarish // Agro Ilm jurnali. — Toshkent, 2022. — №2. — B. 34-37.

7. Khalilov N., Yusupov A. Biotechnology of Anaerobic Digestion: Optimization of Biogas Production from Animal Manure // Journal of Renewable Energy and Sustainable Development. — 2020. — Vol. 12(3). — P. 45-52.

8. Shamsiev A.S. Chorvachilik chiqindilaridan biogaz va bioo‘g‘it olishning biotexnologik asoslari // O‘zbekiston biologiya jurnali. — Toshkent, 2021. — №4. — B. 18-24.