

Міністерство
освіти і науки
України



Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Механіко-технологічний факультет

Представництво Польської академії наук в Києві
Відділення в Любліні Польської академії наук
Академія інженерних наук України
Українська асоціація аграрних інженерів



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

"Агроінженерія:

сучасні проблеми та перспективи розвитку"

(7–8 листопада 2019 року)

присвячена

90-й річниці з дня заснування

механіко-технологічного факультету НУБіП України



Київ – 2019

УДК 631.371

АПРОКСИМАЦІЯ ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИМИ ЗАЛЕЖНОСТЯМИ РІВНЯ РОЗКЛАДУ ОРГАНІЧНОЇ БІОМАСИ ПІД ЧАС АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ

Голуб Г. А., Завадська О. А.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Важливим напрямом у відновлюваній енергетиці є виробництво біогазу. Широкого розповсюдження набуло виробництво біогазу, як із рослинної біомаси [1, 2], так із відходів тваринництва [3, 4]. У сучасній практиці біогазових технологій найбільшого поширення набули реактори періодичного завантаження [5, 6]. Конструкція реакторів для виробництва біогазу безперервної дії характерна тим, що порції біомаси подаються в реактор і видаляються із нього через визначений проміжок часу. Однак при роботі біогазових установок виникає ряд технічних та технологічних проблем, що пов'язані із дотриманням температурного режиму, режимів перемішування та завантаження біомаси, що показано у дослідженнях [7, 8]. Зокрема, в роботі [9] розглянуто температурні режими зброджування біомаси та доведено що при термофільному режимі роботи біогазової установки отримано більшу кількість (вихід) біогазу, а при мезофільному більшу теплотворну здатність біогазу. Також, проведені дослідження [10] доводять ефективність перемішування субстрату при виробництві біогазу. Зокрема, без перемішування вихід біогазу із розкладеної органічної маси на основі коров'ячого гною за нормальних умов становив 1,02 літри на літр об'єму біогазової установки за добу, що в 10 разів вище ніж без перемішування. Ці дослідження доводять ефективність впливу температурного режиму та режиму перемішування на ефективність роботи біогазових установок. Однак для підтвердження ефективності проведених досліджень необхідна енергетична та економічна оцінка процесу виробництва біогазу. Енергетична та економічна оцінка проводиться на основі роботи уже існуючих установок для виробництва біогазу [11, 12, 13]. Основним показником енергетичної та економічної оцінки є питомий вихід біогазу або біометану у перерахунку на нормальні умови за добу та у розрахунку на один кубічний метр біомаси в біогазовому реакторі [14]. Цей показник залежить від щільності і вологості біомаси, вмісту органічної маси у біомасі, а також щільності біогазу за

нормальних умов [15, 16]. Але визначальними показниками інтенсивності процесу анаеробної ферментації є інтенсивність розкладу органічної біомаси за добу та вихід біогазу або біометану в розрахунку на одиницю розкладеної органічної маси [17, 18]. Масовий вихід біогазу в розрахунку на одиницю розкладеної органічної маси становить близько 1, а біометану – від 0,27 до 0,51 кг у залежності від виду біомаси. Слід зазначити, що легкорозчинні вуглеводневі сполуки під час розкладу продукують мінімальну кількість біометану, а біомаса, яка містить жирові сполуки – максимальну.

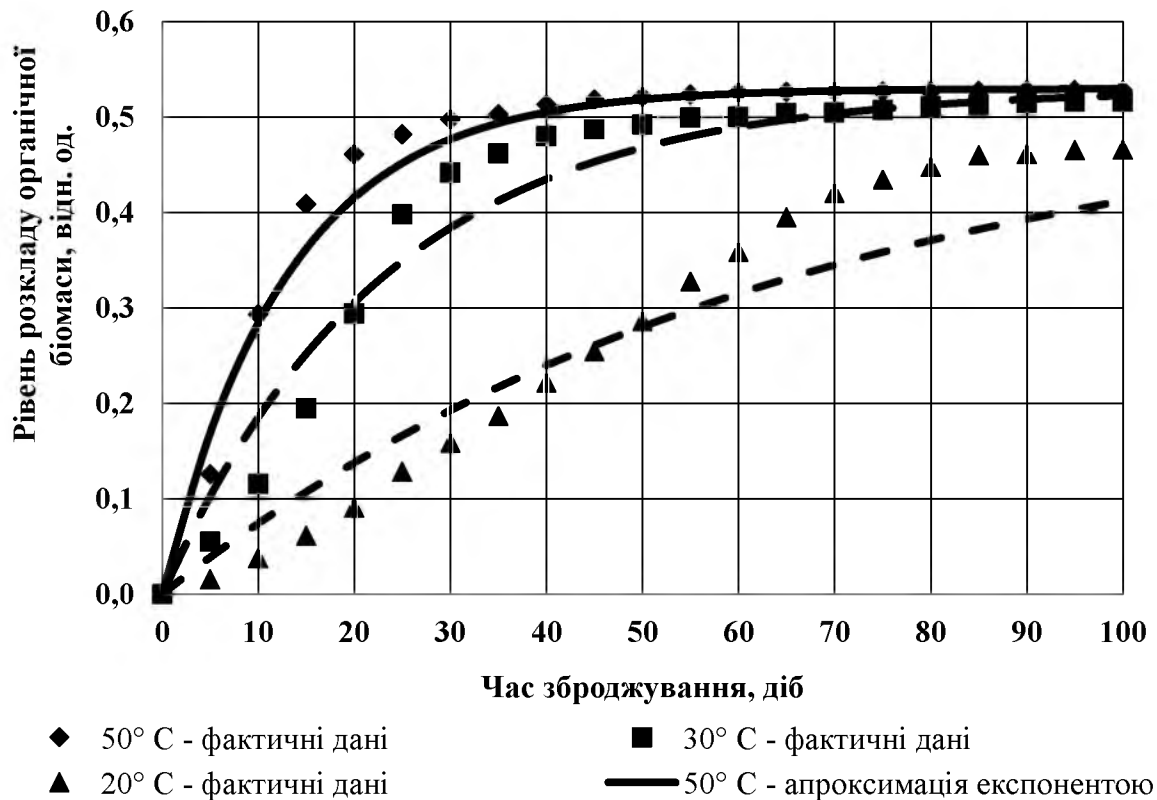


Рис. 1. Порівняння фактичних даних досліджень, які стосувалися анаеробної ферментації гною та їх апроксимації експоненціальними залежностями.

Апроксимація фактичних даних досліджень (рис. 1), які стосувалися зброджування гною [19] чи побутових відходів [20] показали, що інтенсивність розкладу органічної біомаси під час анаеробної ферментації зі значним рівнем адекватності описується експоненціальними залежностями:

$$\alpha = \frac{M_0 - M^*}{M_0} [1 - \exp(-k\tau)] = \alpha_0 [1 - \exp(-k\tau)]$$

де α – рівень розкладу органічної речовини на поточний момент часу, відносних од.; M_0 – загальний уміст органічної речовини біомаси на початок анаеробної ферментації, кг; M^* – уміст органічної речовини біомаси, яка не розкладається під час анаеробної ферментації, кг; k – коефіцієнт швидкості процесу біогазової

ферментації, дб^{-1} ; τ – час біогазової ферментації, дб; $\alpha_0 = \frac{M_0 - M^*}{M_0}$ –

максимальний рівень розкладу органічної речовини в процесі анаеробної ферментації, відносних од.

Таким чином, у багатьох випадках анаеробного зброджування різної органічної біомаси рівень розкладу органічної біомаси в часі може бути апроксимований експоненціальними залежностями. Ці залежності включають значення коефіцієнта швидкості процесу біогазової ферментації та значення максимального рівня розкладу органічної речовини, які визначаються експериментально.

Список літератури

1. *T. A. Shah, S. Ali, A. Afzal, and R. Tabassum*, Effect of Alkali Pretreatment on Lignocellulosic Waste Biomass for Biogas Production, *International Journal of Renewable Energy Research*, vol.8, no.3, pp. 1318-1326, September 2018. (Article);
2. *Y. Ulusoy, and A. H. Ulukardesler*, Biogas production potential of olive-mill wastes in Turkey 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), DOI: 10.1109/ICRERA.2017.8191143, San Diego, pp. 664-668, 5-8 November 2017, (Conference Paper)
3. *Meyer A.K.P., Ehimen E.A., and Holm-Nielsen J.B.* Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production, *Biomass and Bioenergy*, DOI: 10.1016/j.biombioe.2017.05.013, vol. 111, 2018, pp. 154-164, June 2017. (Article)
4. *M. V. Aksay, M. Ozkaymak, and R. Calhan*, Co-digestion of Cattle Manure and Tea Waste for Biogas Production, *International Journal of Renewable Energy Research*, vol.8, no.3, pp. 1347-1353, September 2018. (Article).
5. *Ahlberg-Eliasson, K., Nadeau, E., Levén, L., & Schnürer, A.* (2017). Production efficiency of Swedish farm-scale biogas plants. *Biomass and Bioenergy*, 97, 27–37. doi:10.1016/j.biombioe.2016.12.002
6. *Morgan, H. M., Xie, W., Liang, J., Mao, H., Lei, H., Ruan, R., & Bu, Q.* (2018). A techno-economic evaluation of anaerobic biogas producing systems in developing countries. *Bioresource Technology*, 250, 910–921. doi:10.1016/j.biortech.2017.12.013
7. *G. Golub, K. Szalay, S. Kukharets, and O. Marus*, Energy efficiency of rotary digesters, *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, DOI: 10.1556/446.13.2017.3, vol. 13 (1), pp. 35-49, December 2017.,
8. *Golub G.A., Skydan O.V., Kukharets S.M, Marus O.A.* Substantiation of motion parameters of the substrate particles in the rotating digesters. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019. vol. 57, no. 1, P. 179–186
9. *N. Halder*, Thermophilic Biogas Digester for Efficient Biogas Production from Cooked Waste and Cow Dung and Some Field Study, *International Journal of Renewable Energy Research*, vol.7, No.3, pp. 1062-1073, September 2017
10. *H. Afazeli, A. Jafari, S. Rafiee, M Nosrati, and F. Almasi*, Investigation yield and energy balances for biogas production from cow and poultry manure, *International Journal of Renewable Energy Research*, vol.4, no. 2, pp. 312-320, June 2014
11. *Tsagarakis, K. P., & Papadogiannis, C.* (2006). Technical and economic

evaluation of the biogas utilization for energy production at Iraklio Municipality, Greece. *Energy Conversion and Management*, 47(7-8), 844–857. doi:10.1016/j.enconman.2005.06.017

12. *Cucchiella, F., D'Adamo, I., & Gastaldi, M.* (2019). An economic analysis of biogas-biomethane chain from animal residues in Italy. *Journal of Cleaner Production*, 230, 888–897. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.116

13. *Kozłowski, K., Pietrzykowski, M., Czekala, W., Dach, J., Kowalczyk-Juśko, A., Józwiakowski, K., & Brzoski, M.* (2019). Energetic and economic analysis of biogas plant with using the dairy industry waste. *Energy*. doi:10.1016/j.energy.2019.06.179

14. *Li, Y., Lu, J., Xu, F., Li, Y., Li, D., Wang, G., ... Li, G.* (2018). Reactor performance and economic evaluation of anaerobic co-digestion of dairy manure with corn stover and tomato residues under liquid, hemi-solid, and solid state conditions. *Bioresource Technology*. doi:10.1016/j.biortech.2018.08.061

15. *Bulatov, N. K., Sarzhanov, D. K., Elubaev, S. Z., Suleymenov, T. B., Kasymzhanova, K. S., & Balabayev, O. T.* (2019). Model of effective system of processing of organic wastes in biogas and environmental fuel production plant. *Food and Bioproducts Processing*. doi:10.1016/j.fbp.2019.03.005

16. *Surra, E., Bernardo, M., Lapa, N., Esteves, I. A. A. C., Fonseca, I., & Mota, J. P. B.* (2019). Biomethane production through anaerobic co-digestion with Maize Cob Waste based on a biorefinery concept: A review. *Journal of Environmental Management*, 249, 109351. doi:10.1016/j.jenvman.2019.109351

17. *Garcia, N. H., Mattioli, A., Gil, A., Frison, N., Battista, F., & Bolzonella, D.* (2019). Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 1–10. doi:10.1016/j.rser.2019.05.040.

18. *Safoora Mirmohamadsadeghi, Keikhosro Karimi, Meisam Tabatabaei, Mortaza Aghbashlo,* Biogas production from food wastes: A review on recent developments and future perspectives, *Bioresource Technology Reports*, Volume 7, 2019, 1-37, ISSN 2589-014X, <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100202>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X19300921>).

19. *Baader, W., Dohne, E. & Brenndörfer, M* Biogas in Theorie und Praxis - Behandlung organischer Reststoffe aus der Landwirtschaft durch Methangärung, KTBL, 1987, Taschenbuch ISBN: 784316557

20. *Howell, G., Bennett, C., & Materić, D.* (2019). A comparison of methods for early prediction of anaerobic biogas potential on biologically treated municipal solid waste. *Journal of Environmental Management*, 232, 887–894. doi:10.1016/j.jenvman.2018.11.137.