

## АНАЕРОБНЕ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Встановлено проблеми, які можна вирішити за допомогою біогазових технологій: енергетичну, сільськогосподарську, екологічну, соціальну. Названо види сировини, яку досліджували з 1993 р. на здатність отримання біогазу в лабораторії НЛТУ України. Вказано технологічні фактори, що вплинули на процес отримання біогазу, і названо випадки, з досвіду роботи установки, коли не спостерігалось утворення біогазу. Встановлено, що переробка органічних відходів без доступу кисню з повітря є високоефективним способом отримання якісних органічних добрив; екологічно чистого енергоносія, яким є біогаз; зменшення забруднення навколишнього середовища і покращання соціальних умов жителів, особливо сільського населення. Рекомендовано для встановлення на кожному сільському дворі, де накопичуються органічні відходи, малі – сімейного типу біогазогумусні установки об'ємом реактора до 20 м<sup>3</sup>. Обґрунтовано, що після перебування в біогумусних установках органічні відходи набувають кращих характеристик як органічні добрива. Розраховано, що з малих біогумусних установок можливо одержати достатньо біогазу для власних потреб.

**Ключові слова:** біогаз, біогазові технології, біогазова установка, перероблення відходів.

**Актуальність проблеми.** Сьогодні і в Україні більше уваги стали приділяти переробленню відходів, зокрема живаної деревини [5-26]. На жаль, здебільшого таке перероблення розглядається лише з енергетичної точки зору, а не матеріальної. А ось отримання біогазу як альтернативного джерела енергії [1; 2] тільки запроваджується. При цьому мало уваги приділяється таким складовим цієї технології, як: сільськогосподарська (використання біогумусу, який значно покращує властивості відходів як органічного добрива); екологічна (зменшує викиди в атмосферу неприємного запаху та проникнення у водні горизонти рідкої фракції відходів); соціальна (забезпечує роботою зі збирання, перероблення відходів та використання продуктів переробки, а також із проектування та виготовлення самих установок).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні ефективно перетворюють деревинні відходи на енергетичні ресурси, зокрема паливні ганули [8, 9]. Але ось біотехнологічні методи утилізації органічних відходів в Україні перебувають на початкових етапах розвитку та впровадження [26-28]. Техніко-економічний аналіз виробництва біогазу з органічної біомаси в Україні є конкурентоспроможним навіть за використання високовартісного імпортного устаткування [3; 4]. Під час виробництва біогазу з біомаси різного походження обираються оптимальні методи утилізації органічних відходів, режими роботи біогазової установки зазнають суттєвих коректив [4; 5]. Метою виконаних багаторічних досліджень було виявлення особливостей протікання процесу анаеробного бродіння з точки зору виходу основної продукції – біогазу, а також формування бази знань щодо утилізації відходів сільськогосподарського господарств.

**Виклад основного матеріалу.** У Національному лісотехнічному університеті України з 1991 р. займаються вивченням цієї проблеми в лабораторії кафедри ТМВД, існує дві установки з вивчення можливості вироблення біогазу з того чи іншого виду сировини, накопичено досвід з їх обслуговування та експлуатації. На рис. 1 показано зовнішній вигляд однієї з установок.

Об'єм реактора становить 200 л, він може працювати в режимі як періодичної, так і безперервної дії. Підігрів субстрату здійснюється від електричного нагрівача. За допомогою лабораторій інших інститутів робили аналіз субстрату на вміст мікроелементів та важких металів та хроматографічний аналіз компонентного складу біогазу. За час роботи лабораторії дослідили здатність таких видів відходів виробляти біогаз: свинячі; ВРХ; курячі; канига; сухе листя; пивна дробина; зелена маса кукурудзи; органічні відходи від кухонь; каналізаційні стоки; солома після вирощування грибів тощо. Такі відходи отримували від різних постачальників, їх переробля-

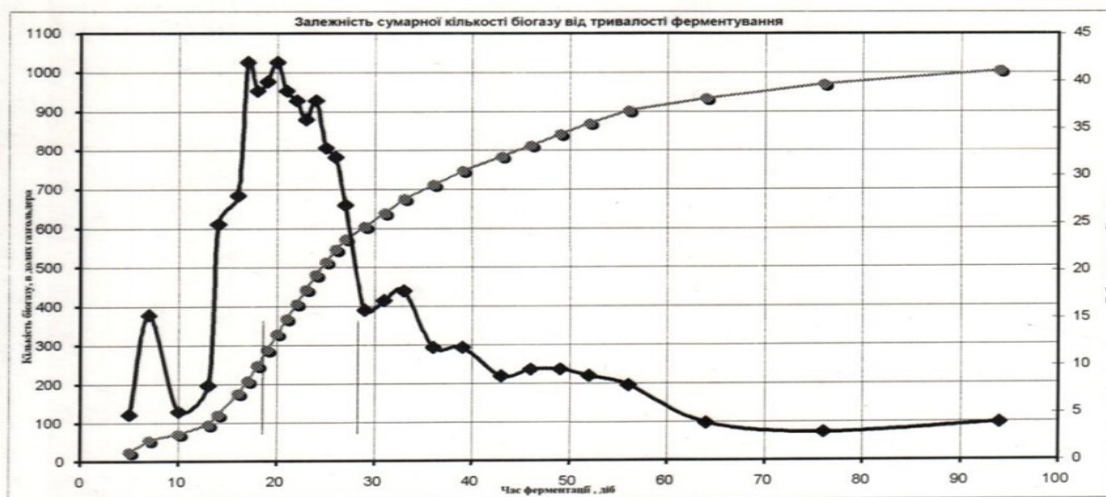
<sup>1</sup> Войтович Іван Герасимович – кандидат технічних наук, професор кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-342-00-08. E-mail: [ivan.voytovych@nltu.edu.ua](mailto:ivan.voytovych@nltu.edu.ua)

ли за різних режимів роботи установки. За час роботи лабораторії накопичено певний досвід переробки органічних відходів на біогаз, ознайомились із досвідом деяких вітчизняних та зарубіжних дослідників цього процесу, принциповими схемами і конструкціями складових частин біогазових установок.

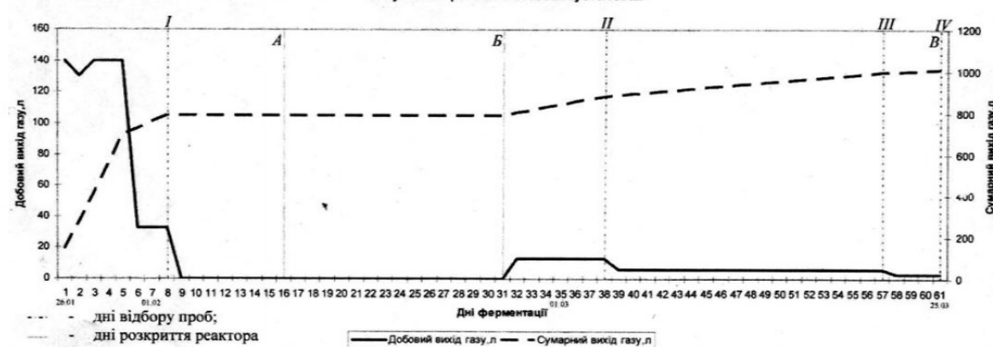


**Рис. 1. Біореактор НЛТУ України**

На рис. 2, 3 зображено графіки динаміки отримання біогазу з деяких видів відходів. Існують дослідження, які стверджують, що кількість біогазу збільшується в разі змішування різних видів відходів [4–6]. Крім виду органічних відходів, на вихід біогазу впливають режимні параметри процесу: температура, вологість, кислотність, співвідношення вуглецю та азоту в субстраті, тривалість ферментації тощо. За час досліджень підтвердили здатність органічних відходів в умовах лабораторії виробляти біогаз та вискоєфективні органічні добрива. Водночас у чотирьох випадках не вдалось отримати біогаз, що вказує на наявність проблем під час запуску в роботу реактора, які вимагають додаткових досліджень.



**Рис. 2. Отримання біогазу з курячого посліду Полтавської птахофабрики**  
Результати роботи біогазової установки



**Рис. 3. Результати роботи реактора при переробленні посліду від курчат Ломан білий віком 5 діб**

**Висновки.** Встановлено, що переробка органічних відходів без доступу кисню з повітря є високоефективним способом отримання якісних органічних добрив; екологічно чистого енергоносія, яким є біогаз; зменшення забруднення навколишнього середовища і покращання соціальних умов жителів, особливо сільського населення. Рекомендовано для встановлення на кожному сільському дворі, де накопичуються органічні відходи малі – сімейного типу біогазогумусні установки об'ємом реактора до 20 м<sup>3</sup>. Обґрунтовано, що після перебування в біогумусних установках органічні відходи набувають кращих характеристик як органічні добрива. З'ясовано, що до переваг роботи таких установок належать їх простота у виготовленні, порівняно низька ціна, збільшення можливостей використовувати наявну кількість відходів для удобрення більшої площі сільськогосподарських культур, відсутність потреби в приладах підготовки та обліку біогазу. Розраховано, що з малих біогумусних установок можливо одержати достатньо біогазу для власних потреб. Визначено, що недоліками експлуатації таких установок є слабка механізація й автоматизація технологічних процесів, необхідність мати протягом року можливість використання або зберігання переробленого субстрату, нижчі, порівняно з природним, енергетичні показники біогазу, відсутність випробуваних приладів його ефективного використання тощо.

## Література

1. **Action BM20.** (1994): Anaerobic Digestion of Animal Manure in Eastern Countries, European Commission, Directorate-General for Energy DGXVII / Thermic programme action BM20. – Marcek Study. – 201 p.
2. **Barbara E., Schultz H.** (1996): Biogas-Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit, Ökobuch Verlag u. Versand. – 268 p.
3. **Biogas-Messprogramm II – 61 Biogasanlagen im Vergleich.** (2010): Bundesmessprogramm zur Bewertung neuartiger Biomasse-Biogasanlagen / Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Hofplatz 1, 18276 Gülzow. – 115 p.
4. **Charles C. and other.** (1996): Hand Book of Biogas Utilization / Prepared by Second edition III E.I.T. Environmental Treatment Systems. – Atlanta: Georgia. – 188 p.
5. **Gayda S.V.** (2007). Проблема деревної сировини у Європі та Україні / *Problema derevnoyi syrovyny u Yevropi ta Ukrayini* [A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:55-63 (in Ukrainian).
6. **Gayda S.V.** (2011). Recycled of post-consumer wood is for the production of particleboard in Ukraine / Proceedings of the XXI International symposium Adhesives in Woodworking Industry (Slovakia, Zvolen Juve 29 – July 01. 2011). TU Zvolen. – P. 108-121.
7. **Gayda S.V.** (2013). Techniques for utilization of post-consumer wood in the production of fuel pellets and briquettes. Proceedings of the XXI International symposium Adhesives in Woodworking Industry (Slovakia, Zvolen Juve 23-26. 2013). TU Zvolen, 119-130.
8. **Gayda S.V.** (2013). Розроблення технології виробництва паливних гранул на основі енергетичного потенціалу вживаної деревини [Development of technology for the production of fuel pellets based on the energy potential of used wood]. Scientific Bulletin of UNFU 23.14:83-93. (in Ukrainian).
9. **Gayda S.V.** (2013): Techniques for utilization of post-consumer wood in the production of fuel pellets and briquettes. Adhesives in Woodworking Industry : proceedings of the XXI<sup>th</sup> International Symposium, June 26 – June 28, 2013. – Technical university of Zvolen. – 2013. – P. 163-177.
10. **Gayda S.V.** (2015). Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood. Actual problems of forest complex 43:175-179, (in Russian).
11. **Gayda S.V.** (2016). *Formoustoychivost' stolyarnykh plit iz vtorichno ispol'zuemoy drevesin* [A form of stability of blockboards made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 46:148-153, (in Russian).
12. **Gayda S.V.** (2017). *Tekhnologiya i svoystva mebel'nogo shchita iz vtorichno ispol'zuemoy drevesiny* [A technology and properties of furniture board made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 48:34-38, (in Russian).
13. **Gayda S.V.** (2017). Використання нечітких експертних систем для підтримки прийняття рішень в процесі сортування вживаної деревини / *Vykorystannya nechitkykh ekspertnykh system dlya pidtrymky pryynyattya rishen' v protsesi sortuvannya vzhivanoyi derevyny* [Using fuzzy expert systems for decision support in the process of post-consumer wood sorting]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 43:5-20 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174301>
14. **Gayda S.V.** (2017). Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком / *Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostey vzhivanoyi derevyny yalytsi z vikom* [The

complex studies on the change of elastic properties of post-consumer fir wood with age]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 43:58-72 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174308>

15. **Gayda S.V.** (2018). A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 44, 15-25. <https://doi.org/10.36930/42184402> (in Ukrainian).

16. **Gayda S.V.** (2018). Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW). Bulletin of KhNTUA 197:3-9, (in Ukrainian).

17. **Gayda S.V.** (2018). Технологія МДФ-фасадів / Tekhnolohiyi MDF-Fasadiv [MDF Facade Technologies]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44:70-83 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184410>

18. **Gayda S.V.** (2019). Scientific and technical basis of the use of used wood in woodworking: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23. – Lviv: UNFU. – 465 (in Ukrainian).

19. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2016). The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 42, 69-79. <https://doi.org/10.36930/42164211> (in Ukrainian).

20. **Gayda S.V., Dyak T.P.** (2011). The analysis of economic efficiency of post-consumer wood use for particleboard manufacture for LLC Swisspan Limited // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 37.2:129-136. doi: <https://doi.org/10.36930/421137221>

21. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2013). Технология очистки вторично используемой древесины иглофрезерными станками [The technology of cleaning recycled wood with needle milling machines] // Actual problems and prospects of the development of LPK: materials II NTK., September 9-11, 2013 – Kostroma. – P. 36-39. (in Russian).

22. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018). Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards. Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 17, 185-192. <https://doi.org/10.15421/411834> (in Ukrainian)

23. **Gayda S.V., Maksimiv V.M., Kiyko O.A., Ferenc O.B.** (2013). Залишки деревини та деревина після споживання. Класифікація. Терміни та визначення [Wood residues and post-consumer wood. Classification. Terms and definitions] / Agreement No. 08.24-11-1: draft international standard ISO. – Lviv: NLTU of Ukraine – 53 p. (in Ukrainian).

24. **Gayda S.V.** (2012): Productions techniques and properties of fuel pellets produced from post-consumer wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 38:112-150.

25. **Gayda, S.V.** (2007). Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Навч. посібн. – Львів: ВМС. – 160 с. (in Ukrainian).

26. **Gayda S.V.** (2013). The technological solutions for recycling of post-consumer wood. Proceedings of I International Interdisciplinary Scientific Conference Formation of stable outlook as the basis of sustainable development (Ukraine, Lviv, 14-16 March 2013) UNFU: Lviv, 5-11.

27. **Gerasimenko V.G., Gerasimenko M.O., Tsvilikhovsky M.I. and other.** (2006): *Biotekhnohohiya* [Biotechnology]. – Kiev: INCOS. – 647 p.

28. **Solovey O.I., Lega Y.G., Rosen V.P. and other.** (2007): *Netradytsiyni ta ponovlyuvalni dzherela enerhiyi* [Non-traditional and renewable energy sources]. – Cherkasy: ChSTU. – 484 p.

29. **Voytovych I.G.** (2014): *Pereroblennya orhanichnykh vidkhodiv na biohaz* [Processing organic wastes into biogas] Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agroengineering Research 18:42-46.

UDC 636.002.8:620.91:662.762.2

**Prof. I.G. Voytovych, Ph.D – UNFU**

### **Anaerobe treatment of organicwaste**

The problems what it is possible to solve with helpe of biogas technology: power industry; agricultural; ecological; social were named. The type of raw materials which was investigated from 1993 y. Into laboratory of UNFU on suitability to receive of biogas were named. The technological factors that influence on process obtaining of biogas ware indicated and occasion from experience functioning of plant when don't observe to form of biogas were named. It is established that the processing of organic waste without oxygen access from the air is a highly efficient way of obtaining quality organic fertilizers; environmentally friendly energy, which is biogas; reducing environmental pollution and improving the social conditions of residets, especially rural populations. It is recommended for installation in each rural yard where organic, small, family-type biogas plants accumulate up to 20 m<sup>3</sup> of organic waste. It is substantiated that after being in biohumus plants, organic waste acquires better characteristics of fertilizers. It is estimated that small biohumus plants can generate enough biogas for their own needs.

**Keywords:** biogas, biogas technology, biogas plant, treatment waste.