

2. Бурсиан В.Р. Пневматический транспорт на предприятиях пищевой промышленности / В.Р. Бурсиан. – [2-е изд. испр. и доп.]. – М.: Пищ. пром-сть. – 267 с.
3. Вайсман М.Р. Вентиляционные и пневмотранспортные установки / М.Р. Вайсман, И.Я. Грубиян. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Колос, 1984. – 367 с.
4. Дзядзио А.М. Пневматический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях / А.М. Дзядзио, А.С.Кеммер. – М.: Колос, 1987. – 295 с.
5. Зарницына Э.Г. Вентиляционные установки и пневмотранспорт / Э.Г. Зарницына, О.Н. Терехова. – Барнаул: АлтГТУ, 2011. – 228 с.
6. Пневмотранспортное оборудование: справ. / М.П. Калинушкин, М.А. Коппель, В.С. Серяков, М.М. Шапунов. – Л.: Машиностроение, 1986. – 286с.
7. Разумов И.М. Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов / И.М. Разумов. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Химия, 240 с.

Рассмотрены основные виды пневматического транспорта в зависимости от их конструктивных параметров и грузоподъемности. Представлено описание конструкций пневматических транспортных устройств для транспортировки сыпучих, порошкообразных и кусковых материалов по трубам с использованием сжатого или разреженного воздуха. Отмечены преимущества и недостатки пневмотранспорта в сельском хозяйстве.

Транспортирование, пневматический транспорт, сжатый воздух, разрежение, струя воздуха.

The basic types of pneumatic transport , depending on the design parameters and the required capacity. The description of the construction and working principle of pneumatic transport device for transporting granular and powder materials and piecewise through the pipes and aerzholobah using compressed or rarefied air. Noted the advantages and disadvantages of using pneumatic transport in agriculture.

Transportation, air transportation, compressed air, vacuum, air jet .

УДК: 676.057.7

ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ЕКСТРУДОВАНОЇ СОЛОМИ ПШЕНИЦІ РОЗЧИНОМ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ВИХОДУ БІОГАЗУ

***І.В. Фльонц, кандидат технічних наук
С.М. Підховна, Н.М. Голяш, інженери
ВП НУБіП України “Бережанський агротехнічний інститут”***

Досліджено залежність виходу біогазу від попередньої обробки соломі розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ різної концентрації (із розрахунку 50 кг $\text{CaO}/\text{т}$

соломи, 100 кг СаО/т соломи, 150 кг СаО/т соломи), способу додавання розчину гашеного вапна до соломи (до, під час, після екструзії).

Целюлоза, лігнін, попередня обробка, концентрація, екструдер, пелети, біогаз.

Світова ситуація з енергоносіями характеризується, з одного боку, постійним зростанням цін на викопне паливо, особливо нафту, а з другого – зменшенням її розвіданих запасів. За деякими прогнозами, запаси нафти практично вичерпаються до 2050 р. Водночас загальне використання енергії людством невпинно зростає [4].

Нестача викопних енергетичних ресурсів у світі призводить до розширення використання альтернативних джерел енергії. Замінити викопні джерела енергії зможе біомаса – екологічно чиста поновлювана сировина, щорічні ресурси якої на планеті значно перевищують енергетичні потреби людства. Тому виробництво енергоносіїв із біомаси стає одним із найважливіших пріоритетів при вирішенні енергетичних та екологічних проблем і має глобальну перспективу для подальшого розвитку [3].

Серед альтернативних джерел енергії все більшого значення набуває використання біогазу, який є продуктом сільськогосподарського виробництва, а саме – переробки відходів, до яких належать гній, гноївка, солома, стебла тощо [2]. В Україні надлишок соломи та стебел усіх культур становить приблизно 20 млн т.

Целюлоза має кристалічну структуру і тому її біодеградація ускладнена. Крім того, лігнін, який знаходиться у складі лігніноцелюлози, ускладнює її доступність для молекул ферментів [8].

Солома важко піддається анаеробному бродінню, оскільки містить міцний лігніноцелюлозний комплекс. Сільськогосподарські відходи, наприклад солома пшениці, містять високий вміст лігніну, функція якого полягає в забезпеченні структурної опори та захисту від мікробних уражень. Лігнін тісно пов'язаний із целюлозою та геміцелюлозою і робить їх недоступними для мікробної деградації. Таким чином, є відмінність між повним органічним вмістом біомаси, яка теоретично може бути перетворена в біопаливо, і кількістю, яка фактично перероблюється мікроорганізмами. Лігніноцелюлозний комплекс розкладається, а це робить целюлозу і геміцелюлозу доступними для мікроорганізмів [6]. Мета попередньої обробки полягає в руйнуванні кристалічної структури целюлози і геміцелюлози та видалення лігніну.

Є різні способи попередньої обробки лігніноцелюлозних матеріалів, які роблять їх доступними для анаеробних мікроорганізмів. Одним із них є попередня хімічна обробка.

Хімічні методи попередньої обробки ґрунтуються на здатності тих чи інших хімічних сполук розчиняти лігнін або целюлозу, а також призводять до набухання чи руйнування її структури [7].

Попередня ефективна та економічна обробка повинна відповідати таким вимогам:

- 1) уникнення руйнування целюлози і геміцелюлози;

- 2) уникнення формування інгібіторів для ферментів та мікроорганізмів;
- 3) зведення до мінімуму потреб в енергії;
- 4) зниження вартості матеріалів для будівництва реакторів попередньої обробки;
- 5) використання дешевих хімікатів [6].

Методи попередньої обробки лігніноцелюлозних матеріалів поділяються на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та біологічні.

У науково-дослідній лабораторії “Технології виробництва біогазу” проведено дослідження попередньої обробки соломи пшениці для виробництва біогазу із застосуванням хімічних засобів, зокрема обробка соломи розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$, який є порівняно дешевим хімікатом [1].

Новизна вибраної теми полягає у використанні хімічної обробки в поєднанні з екструзією. При екструзії проходить додаткова термохімічна обробка. Досліджували пелети екструдованої соломи пшениці, оскільки у такому вигляді сировина найкраще транспортується на великі відстані або зберігається на складі (менший об'єм при транспортуванні і менші площі для складування). Пелети доцільні для безперервної роботи біогазових установок, оскільки відходи сільськогосподарського виробництва мають сезонний характер.

Мета досліджень – визначення інтенсивності метанового бродіння пелет соломи пшениці залежно від обробки розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ різної концентрації (50 кг CaO /т соломи, 100 кг CaO /т соломи, 150 кг CaO /т соломи), способу замочування в розчині $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (перед екструзією, під час екструзії, після екструзії). Замочування проводилось 5 хв при температурі $+20^\circ\text{C}$.

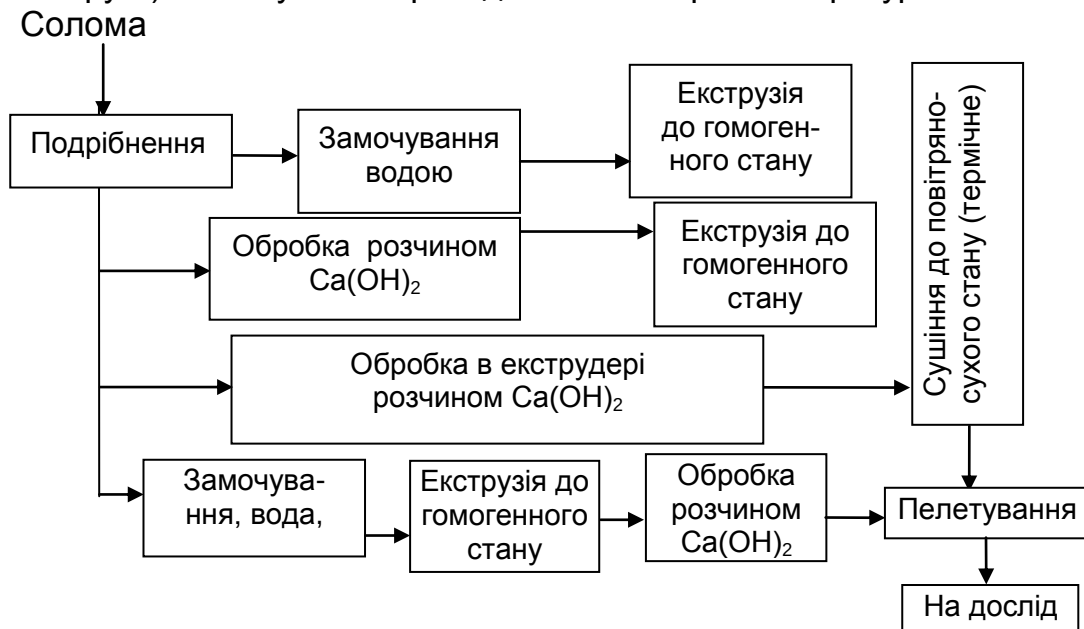


Рис. 1. Схема технологічного процесу приготування сировини (соломи пшениці) для дослідів

Матеріали і методика досліджень. Схема технологічного приготування сировини (соломи пшениці) для дослідів зображена на рис.1. Ви-

мірювання об'єму біогазу проводилось за методом Криворучка. Для проведення дослідів використовувалися поліетиленові пакети (ферментери), пристрій для запаювання пакетів, рН-метр, калібрований циліндр. До розрахованої кількості біомаси додавали затравку з розрахунку 1 частина проби до 4 частин затравки, витісняли повітря з ферментера і герметично запаювали отвір. До запаюваного пакета підвішували гирю, а пакет опускали у вимірювальний циліндр. Таким чином визначався початковий об'єм досліджуваного варіанта. Після цього пакет підвішували в термостат і витримували там при температурі 37,5° С не менше 35 діб. Вимірювання об'єму пакетів проводили через кожні сім днів.

Об'єктами досліджень були: солома пшениці з Козівського району Тернопільської області (суха речовина(СР) - 86,94 %) та затравка (гноївка великої рогатої худоби), яка профільтована через сито.

Результати досліджень. Результати досліджень показали, що попередня обробка соломи пшениці різної концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$ підвищує доступність гідролітичних ферментів до полімерних вуглеводів, що призводить до розщеплення лігніноцелюлози і збільшення виходу біогазу (таблиця).

**Вихід біогазу, м³/т СР
(нормальні умови)**

№ з/п	Способи обробки соломи	Коефіцієнт кореляції (R)	Маса CaO , кг/т соломи	Доба				
				7	14	21	28	35
1	Пелети екструдованої соломи пшениці	0.95070	0	178	186	229	235	245
2	Пелети екструдованої соломи з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до екструзії	0.85078	50	193	259	293	293	293
3		0.71443	100	255	326	327	327	327
4		0.80975	150	246	303	303	303	317
5	Пелети екструдованої соломи з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ під час екструзії	0.82375	50	251	355	355	377	377
6		0.72067	100	291	393	393	395	395
7		0.92982	150	284	352	360	399	399
8	Пелети екструдованої соломи з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ після екструзії	0.94972	50	235	263	311	330	330
9		0.75039	100	283	337	342	342	342
10		0.84641	150	209	302	315	331	331

Залежність виходу біогазу від пелет соломи пшениці, яка оброблена розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (перед, під час, після екструзії), зображена на діаграмах (рис. 2 – 4).

Динаміка газоутворення показує різке зростання активності за 14 діб і наступний спад. Можна зауважити, що динаміка утворення біогазу змінюється не плавно: є періоди затухання, а потім збільшення виділення біогазу. За 35 діб процес утворення газу в більшості випадків закінчується (див. рис. 2 – 4). Найбільший вихід біогазу одержано з пелет екструдованої соломи пшениці, яка оброблена розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (з розрахунку 150 кг CaO /т соломи) під час екструзії – 399 м³/т, що на 63 % більше від вихо-

ду біогазу з пелет екструдованої соломи пшениці, яка не оброблялася розчином гашеного вапна.

Проаналізуємо детальніше способи обробки гашеним вапном. При обробці соломи пшениці до екструзії вихід біогазу збільшився: при концентрації розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 50 кг CaO /т – на 20 %, 100 кг CaO /т – 33 %, 150 кг CaO /т – 29 % (див. рис. 2).

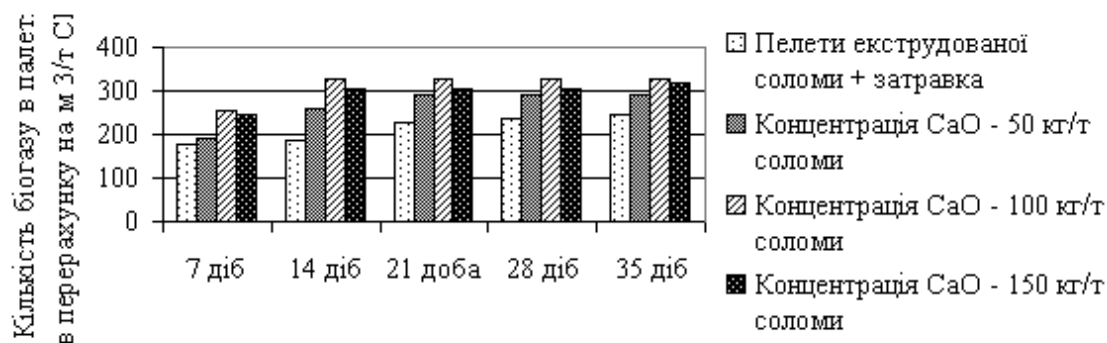


Рис. 2 Залежність виходу біогазу від попередньої обробки пшеничної соломи розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з різною концентрацією (50 кг/т CaO , 100 кг/т CaO , 150 кг/т CaO)

З рис. 2 видно, що найбільший вихід метану (327 м³/т СР) отримано від пелет соломи пшениці, які оброблялися до екструзії розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з розрахунку 100 кг CaO /т (на 33 % більше від контрольного досліді).

При обробці соломи пшениці під час екструзії вихід біогазу збільшився: при концентрації розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 50 кг CaO /т – на 54 %, 100 кг CaO /т – 61 %, 150 кг CaO /т – 63 % (рис. 3).

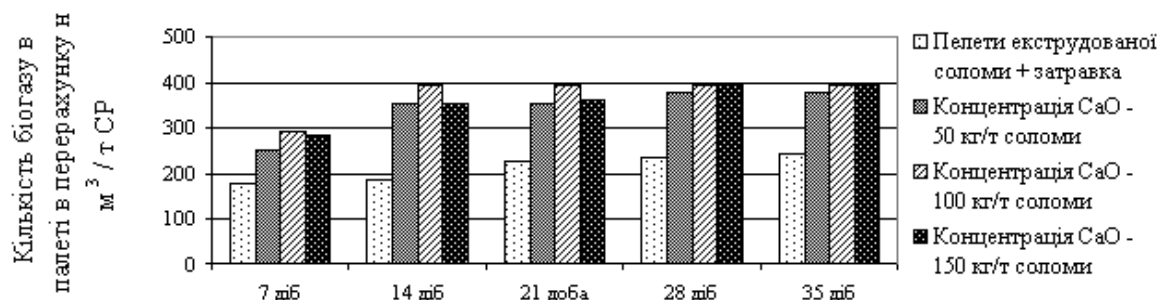


Рис. 3 Залежність виходу біогазу від безпосередньої обробки в екструдері до гомогенного стану соломи пшениці розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з різною концентрацією (50 кг/т CaO , 100 кг/т CaO , 150 кг/т CaO)

З наведеної діаграми видно, що найбільший вихід метану (399 м³/т СР) отримано від пелет соломи пшениці, які оброблялись під час екструзії розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з розрахунку 100 кг CaO /т (на 63 % більше від контрольного досліді).

Обробка соломи пшениці після екструзії розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з різною концентрацією збільшує вихід біогазу: при концентрації розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з розрахунку 50 кг CaO /т – на 35 %, 100 кг CaO /т – 40 %, 150 кг CaO /т – 35 %.

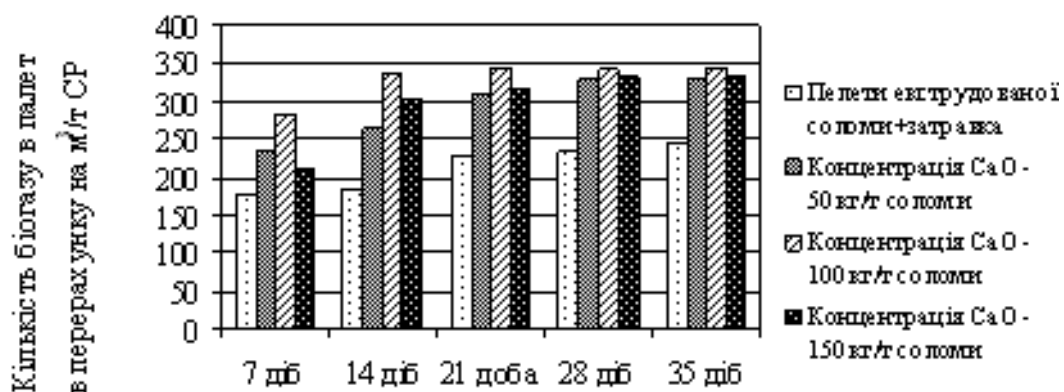


Рис.4 Залежність виходу біогазу від екструдованої до гомогенного стану пшеничної соломи розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з різною концентрацією (50 кг/т CaO, 100 кг/т CaO, 150 кг/т)

З рис.4 видно, що найбільший вихід метану ($342 \text{ м}^3/\text{т CP}$) отримано з пелет соломи пшениці, які оброблялися після екструзії розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з розрахунку 100 кг CaO/т (на 40 % більше від контрольного дослідження).

Висновки

Лужна попередня обробка лігніноцелюлозних матеріалів є перспективною обробкою для впровадження у виробництво біогазу. Найкращий вихід біогазу отримано з пелет екструдованої соломи пшениці, які оброблялися розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (з розрахунку 150 кг CaO/т соломи пшениці) під час екструзії, що на 63 % більше від виходу біогазу, який отримано з контрольної проби (необроблена солома). Вихід біогазу з пелет соломи пшениці, яка оброблялася розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з розрахунку 50 кг CaO/т соломи до екструзії, порівняно з іншими концентраціями, є найнижчим. Оптимальна концентрація розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$ для впровадження у виробництво – 100 кг CaO/т соломи (+61 %), оскільки вихід біогазу практично не відрізняється від виходу, який одержано з пелет соломи пшениці з розрахунку 150 кг CaO/т соломи (+63 %), але є більш економічно вигідним.

Перевагами цього методу попередньої обробки є :

1. збільшення виходу біогазу;
2. порівняно низька вартість матеріалу;
3. можливість використання погазованого шламу (твердих і рідких відходів) як біомінералізованого добрива;
4. виділення «нейтрального» CO_2 ;
5. порівняно невисокі кваліфікаційні вимоги до обслуговуючого персоналу.

Попередня обробка покращує біозасвоєння відходів для виробництва біогазу та збільшує рівень доступності матеріалів для дії бактерій. Результатом цього процесу є збагачення матеріалів, які важко піддаються конверсії, та зростання ефективності виробництва біогазу з відходів.

Список літератури

1. Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України “Бережанський агротехнічний інститут” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bati.ber.te.ua>.
2. Дубровский В.С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В.С. Дубровский, І.Є. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 204 с.
3. Павліський В.М. Техніко-економічне обґрунтування вибору технологій та сільськогосподарських культур для виробництва біопалив / В.М. Павліський, Ю.П. Нагірний, О.В. Павліська [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://elibrary.nubip.edu.ua/5684/1/10nyp.pdf>
4. Сибірний А. Біопаливний етанол з лігніноцелюлози (рослинної біомаси): досягнення, проблеми, перспективи / А. Сибірний [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/portal/all/herald/2006-03/a3-3.pdf>
5. Lin Y., Tanaka S. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects // Appl. Microbiol. Biotechnol. Dec. – 2005.
6. Mohammad J. Taherzadeh and Keikhosro Karimi Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mdpi.org/ijms>.
7. Raju C.S., Ward A.J., Moller H.B. The effect of thermo-chemical pretreatment on the ultimate biogas potential of straw. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ramiran.net/ramiran2010/docs/Ramiran2010_0027_final.pdf.
8. Sanders J., Scott E., Weusthuis R., Mooibroek H. Bio-refinery as the bio-inspired process to bulk chemicals. Macromol Biosci, 2007.

Исследована зависимость выхода биогаза от предварительной обработки соломы раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$ различной концентрации (из расчета 50 кг CaO /т соломы, 100 кг CaO /т соломы, 150 кг CaO /т соломы), способа добавления раствора гашеной извести к соломе (до, во время, после экструзии).

Целлюлоза, лигнин, предварительная обработка, концентрация, экструдер, пеллеты, биогаз.

The dependence of biogas yield from pretreatment straw solution by different concentrations of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (at a rate of 50 kg CaO / t straw, 100 kg CaO / t straw, 150 kg CaO / t straw), kind of adding the solution of slaked lime to straw (before, during, after extrusion) were researched in this work.

Cellulose, lignin, pretreatment, concentration, extruder, pellets, biogas.