

## ВПЛИВ ДОБАВОК ПІСЛЯСПИРТОВОЇ БАРДИ НА ЩІЛЬНІСТЬ СОЛОМ'ЯНИХ ПЕЛЕТ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ УТВОРЕННЯ БІОГАЗУ

О. Захарів, д. с.-г. н.

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»*

<https://doi.org/10.31734/agronomy2018.02.009>

**Постановка проблеми.** Однією з найгостріших екологічних і соціальних проблем на теренах України є прогресуюче забруднення довкілля відходами спиртових заводів. Це пов'язано з недосконалою технологією знешкодження та переробки барди, яка залишається після виробництва спирту. За отримання 1 м<sup>3</sup> етанолу залишається 12–14 м<sup>3</sup> барди вологістю 92–94 %. Якщо взяти середньорічний об'єм виробленого в Україні за останнє десятиріччя спирту, а це майже 31,3 млн декалітрів, то річний обсяг барди, яку необхідно утилізувати, щорічно становить близько 12,2 млн тонн. Проте у наш час зернову барду використовують дуже нераціонально. В окремих господарствах нею підживлюють ґрунти, які використовують під пасовища та сіножаті, або згодують худобі у натуральному вигляді [1–3]. Проте, зважаючи на короткий термін зберігання і суттєве зниження поголів'я худоби в Україні, таке використання неефективне, адже у такий спосіб можна утилізувати лише невелику її кількість.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Масова частка органічних сполук, які містяться у післяспиртовій барді, є нестабільною і може суттєво змінюватися залежно від використовуваної сировини для одержання спирту і від специфіки технологічного процесу на кожному окремому виробництві. За фізико-хімічним складом післяспиртову барду можна віднести до цінних білкових продуктів [3; 4].

Останнім часом для утилізації барди у спиртовій промисловості застосовують поля фільтрації. На них починається розкладання її з виділенням небезпечних і отруйних речовин, що завдає величезної шкоди навколишньому середовищу. Зокрема, токсичні сполуки, які утворюються внаслідок контакту з атмосферним повітрям, проникають у ґрунтові води, заражаючи відкриті водоймища і повітряний простір [5].

Аналізуючи різні інформаційні джерела і наукову літературу, можна зазначити, що технологія використання післяспиртової барди для

виробництва біогазу є новинкою вітчизняного ринку, хоча у розвинутих європейських країнах біогазові установки успішно працюють на барді з 1982 року [4–6].

Тут використовують також висушений осад барди. При цьому було відмічено суттєве зменшення токсинів у погазованому шламі, який регулярно видаляють із біогазової установки. Проте слід зважати на те, що рН барди є нижчим від 4,0 і тому необхідно передбачити нейтралізацію її перед анаеробним реактором [4]. Однак, як зазначають деякі російські та білоруські дослідники, використання сухого осаду барди як сировини для біогазових установок є нерентабельним через низький вихід метану. Тому для збільшення ефективності біогазової установки пропонують змішувати висушену барду в пропорції 1:1 зі силосом кукурудзи [7; 8].

Як бачимо, утилізація післяспиртової барди на сьогодні є великою проблемою для спиртових заводів і потребує різностороннього дослідження раціональних способів її використання у біотехнологічних процесах.

**Постановка завдання.** Метою наших досліджень було виявлення можливості використання післяспиртової барди із кукурудзяного зерна як добавки до екструдованої соломи та впливу її на деякі показники якості пелет і на інтенсивність процесів утворення біогазу.

**Вклад основного матеріалу.** У дослідженнях використовували пшеничну і ріпакову солому врожаю 2016 року, зібрану й ущільнену в тюках вагою 25 кг у ТзОВ «Уїзд» Рогатинського району Івано-Франківської області. За органолептичними показниками ця солома була віднесена до доброякісної.

Зразки післяспиртової барди відбирали на Державному підприємстві «Козлівський спиртовий завод» Тернопільської області у жовтні 2016 року. Як сировину для виробництва спирту використовували зерно кукурудзи, а отже, після-

спиртова барда містила залишки зерен кукурудзи і масу спиртоутворювальних мікроорганізмів, її рН становило 4,2. Нейтралізацію барди проводили додаванням порошкоподібного гідроксиду кальцію – до 1 л барди всипали 3,3 г  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Суспензію перемішували магнітною мішалкою протягом 5 хв і відстоювали 20 хв. Такий спосіб нейтралізації дав змогу отримати слаболужне (рН – 7,2) середовище, що є оптимальним для життєдіяльності метаноутворювальних мікроорганізмів.

Із тюкованої соломи на подрібнювачі рослинної біомаси типу «Ялінка» отримували січку, в якій куски стебла мали довжину 1–3 см. Відбирали зразки для визначення вологості солом'яної січки і перед екструзією замочували у резервуарі з водопровідною водою протягом 5 хвилин. При цьому співвідношення солом'яної січки до води становило – 1 кг на 400 мл. Коли вологість біомаси сягала 80 %, проводили екструдкування на лабораторному екструдері. Після цього висушували екструдовану солом'яну масу за температури 18–20°C протягом 24 год. до вологості 20 %.

Із екструдованої маси пшеничної соломи відбирали дві наважки по 10 кг у кожній – це перша (контрольна) і друга (дослідна) групи досліджуваних зразків. Також з екструдованої маси ріпакової соломи відбирали дві наважки по 10 кг у кожній – це третя (контрольна) і четверта (дослідна) групи досліджуваних зразків. До солом'яної маси зразків другої (10 кг) і четвертої (10 кг) дослідних груп додавали наважки загущеної (вологістю 65 %) нейтралізованої (рН 7,2) післяспиртової барди, по 1,5 кг до кожної, та ретельно перемішували об'єми зразків.

Подрібнену й екструдовану солом'яну масу усіх чотирьох груп зразків вагою 10 кг подавали на пелетницю і в результаті цього отримували щільні пелети діаметром 8 мм. Щільність пелет вимірювали на спеціальній установці для визна-

чення щільності рослинної маси від прикладеного зусилля [9]. Відносну вологість вимірювали за допомогою портативного вологоміра BIO Moisture Wood.

З отриманих пелет усіх чотирьох груп зразків робили наважки по 5,0 г і поміщали в герметичні поліетиленові пакети. Для кожної з чотирьох груп зразків закладали по три паралелі. У всі 12 пакетів додавали по 500 мл рідини з лабораторного біогазового реактора, яка містила живі метаноутворювальні мікроорганізми. Пакети з пелетами і метаноутворювальними мікроорганізмами герметично запаювали і поміщали в термостат за сталої температури 38 °С. Об'єми утвореного біогазу вимірювали на 7-й, 14-й, 21-й і 28-й день досліду.

Лабораторні дослідження відібраних проб післяспиртової барди із трьох резервуарів показали, що масові частки усіх складових у пробах суттєво не різнилися. Частка води у пробі барди, яку використовували для виготовлення пелет, становила 90,25 % (табл. 1). Це вказує на досить високий вміст поживних речовин у барді, а саме азотистих сполук і жирів, які є необхідними для активного росту й розмноження мікроорганізмів. Так, 0,32 % припадає на азотисті сполуки і на жири – 0,62 %. Відомо, що відносний вміст води у зерновій барді з пшениці становить 94,85 %, зі жита – 92,56 %, ячменю – 93,10 %, при цьому вміст сухих речовин – 6–7 % [6].

Аналізуючи літературні дані і порівнюючи їх із результатами наших досліджень, ми встановили, що кукурудзяна зернова післяспиртова барда, яка є відходами у виробництві спирту на Державному підприємстві «Козлівський спиртовий завод», повністю відповідає стандарту, а за вмістом сухих розчинних речовин, клітковини, азоту і жиру переважає післяспиртову барду з пшениці, жита і ячменю.

Таблиця 1

Склад кукурудзяної післяспиртової барди

Досліджуваний зразок барди	Масова частка складових частин барди, %						
	вода	сухі речовини	сухі розчинні речовини	клітковина	азот	зола	жир
Проба 1	90,36	6,26	2,11	0,31	0,32	0,04	0,60
Проба 2	90,07	6,31	2,28	0,32	0,34	0,05	0,63
Проба 3	90,33	6,20	2,20	0,30	0,31	0,04	0,62
Середня проба для дослідження	90,25	6,26	2,20	0,31	0,32	0,04	0,62

Щільність і вологість досліджуваних пелет ( $M \pm m; n = 3$ )

Досліджуваний параметр	Пелети з пшеничної соломи		Пелети з ріпакової соломи	
	контрольна (солома)	дослідна (солома + барда)	контрольна (солома)	дослідна (солома + барда)
Щільність, $\rho$ на г/см <sup>3</sup>	1096,8 $\pm 31,4$	1377,7 $\pm 28,0^*$	1276,6 $\pm 13,1$	1342,9 $\pm 34,5$
Відносна вологість, %	8,03 $\pm 0,42$	8,14 $\pm 0,27$	7,98 $\pm 0,38$	8,04 $\pm 0,19$

\*  $p \leq 0,05$ .

У дослідженні пелет, виготовлених зі соломи пшениці та ріпаку, виявлено, що добавка післяспиртової барди сприяла достовірному збільшенню їхньої щільності – для пшеничних – на 25,6 % ( $p \leq 0,05$ ) і для ріпаківих – на 5,2 % порівняно з пелетами контрольних зразків (табл. 2). Очевидно, що збільшення вмісту в пелетах зі соломою біомаси клітковини, азото- і жиромісних органічних сполук сприяє ущільненню екструдованих волокон при пелетуванні. Слід зауважити, що збільшення щільності пелет із біомаси забезпечує їхню кращу лежкість і триваліше зберігання, тому що створюються умови, які перешкоджають розвитку цвілевих грибів і гнильної мікрофлори.

Результати, представлені в табл. 2, вказують на те, що відносна вологість пелет усіх досліджуваних зразків лежала в межах 7,98–8,14 % і не було виявлено суттєвих достовірних змін в усіх пробах. Ці показники відносної вологості відповідають стандартним технічним вимогам для пелет із рослинної біомаси.

На діаграмі (див. рис.) видно, що інтенсивність утворення біогазу з біомаси, яка складалася з екструдованої й пелетованої пшеничної та ріпакової соломи, закономірно збільшувалася від 7-го до 28-го дня дослідження. Відмічено найбільшу інтенсивність продукції біогазу до 14-го дня інкубації. Так, кількість біогазу, який утворювався з пелет пшеничної соломи на 14-й день досліду, в перерахунку на 1 т субстрату, становила 345 м<sup>3</sup>, що на 74 % більше, ніж на 7-й день. Така сама закономірність утворення біогазу зберігалася в пакетах, де інкубувалися пелети з добавками післяспиртової барди. Далі, на 21-й і 28-й дні, спостерігали незначну інтенсивність бродильних процесів порівняно з проміжком між 7-м і 14-м днем дослідження, що у свою чергу проявилось в несуттєвому збільшенні об'ємів

біогазу на цих етапах дослідження. Так, на 21-й день кількість біогазу зросла усього на 7 % порівняно з 14-м днем, а на 28-й – тільки на 12 % порівняно з 21-м днем.

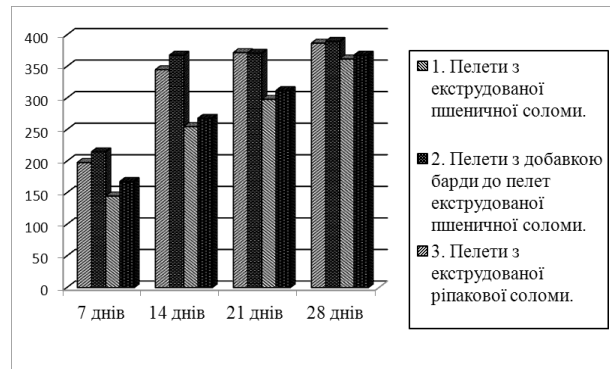


Рис. Динаміка утворення біогазу при бродінні пелет пшеничної та ріпакової соломи з добавками післяспиртової барди, м<sup>3</sup>/т субстрату.

Процес продукції біогазу в пакетах, в яких як субстрат використовували пелети ріпакової соломи, дещо відрізняється від процесів, котрі відбувалися у пакетах з пелетами пшеничної соломи. У цьому разі спостерігали поступовий прогрес збільшення об'ємів газового середовища. Так, на 14-й день кількість біогазу у третій і четвертій групах проб, порівняно зі 7-м днем зростала на 75 % і 60 % відповідно, у контрольній та дослідній групах пакетів на 21-й день порівняно з 14-м днем – на 17 % і 16 % і на 28-й день порівняно з 21-м днем – відповідно на 21 % і 18 %.

Із діаграми видно, що у пакетах, в яких інкубували пелети пшеничної та ріпакової соломи із добавками барди, бродильні процеси проходили інтенсивніше, проте це збільшення не було настільки вираженим, щоб говорити про його достовірність.

**Висновки.** Отож, встановлено, що у разі виготовлення пелет з екструдованої пшеничної та ріпакової соломи доцільно використовувати добавку загущеної фракції післяспиртової барди із зерна кукурудзи у кількості 15 % від загальної сухої біомаси. Після додавання післяспиртової барди до екструдованої пшеничної соломи перед пелетуванням збільшувалася щільність пелет на 25,6 %, що є позитивним чинником, який впливає на їхнє тривале зберігання. Добавка нейтралізованої післяспиртової барди до солом'яних пелет стимулювала інтенсивність бродильних процесів при утворенні біогазу в анаеробних умовах порівняно з контролем.

Результати дослідження засвідчують великі перспективи використання післяспиртової барди як джерела високоцінних поживних і біологічно активних речовин у виробництві універсальних пелет із рослинної біомаси, які з успіхом можна застосовувати у різних біотехнологічних процесах.

#### Бібліографічний список

1. Шилова К. М., Ермохин Ю.И., Шилова И. И. Влияние спиртовой барды на агрохимические свойства почв и урожайность сена житняка в Северном Казахстане. *Вестник ОмГАУ. Серия «Сельскохозяйственные науки»*. 2016. № 3(23). С. 72–76.
2. Михальченко С. А., Цуп В. І., Василів А. П. Эффективность использования згущеної післяспиртової барди при відгодівлі бугайців. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2013. № 110. С. 117–123.
3. Гловин Н. М. Вплив спиртової барди на агрохімічні властивості ґрунту. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2017. № 74(19). С. 192–195.
4. Переработка отходов от производства спирта, реализация биогаза и произведенной электроэнергии спиртзаводам-поставщикам сырья для их производственных нужд. URL: [http://bibliofond.ru/download\\_list.aspx?id=511962](http://bibliofond.ru/download_list.aspx?id=511962) (дата обращения: 25.03.2018).
5. Дыганова Р. Я., Беляева Ю. С. Разработка методики выбора технологий переработки отходов спиртовой промышленности, как инструмента экологического менеджмента. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014. Т. 16. № 4(2). С. 1728–1736.
6. Кузнецов И. Н., Ручай Н. С. Анализ мирового опыта в технологии переработки послеспиртовой барды. *Труды БГТУ. Серия 2: Химия, технология органических веществ и биотехнология*. 2010. Вып. XVIII. С. 294–301.
7. Каранов Ю. А., Чумак Ю. В. Технологическая схема переработки зерновой барды с получением биогаза. *Современная техника и технологии*. 2014. № 5. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/05/3563> (дата обращения: 26.03.2018).
8. Волохова Е. А. Комбинированная переработка послеспиртовой зерновой барды с получением биогаза и ценного кормового продукта с высоким содержанием белка: магистерская дисс. Москва, 2016. 78 с.
9. Левко С. Результати експериментальних досліджень процесу ущільнення стеблових рослинних матеріалів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2013. № 17. С. 130–137.

Захарів О.

#### ВПЛИВ ДОБАВОК ПІСЛЯСПИРТОВОЇ БАРДИ НА ЩІЛЬНІСТЬ СОЛОМ'ЯНИХ ПЕЛЕТ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ УТВОРЕННЯ БІОГАЗУ

Досліджено один зі способів використання барди, яка залишається після виробництва спирту і зливається на поля фільтрації, забруднюючи при цьому великі площі сільськогосподарських угідь, у виробництві солом'яних пелет. Добавки післяспиртової барди до подрібненої та екструдованої пшеничної та ріпакової соломи сприяли підвищенню щільності виготовлених пелет діаметром 8 мм. Інтенсивність утворення біогазу з рослинної біомаси, яка складалася з екструдованої та пелетованої пшеничної і ріпакової соломи закономірно збільшувалася від 1-го до 28-го дня дослідження. Спостерігали найбільшу інтенсивність продукції біогазу від початку до 14-го дня інкубації. Кількість біогазу, який утворювався з пелет пшеничної соломи на 14-й день досліду, в перерахунку на 1 т субстрату становила 345 м<sup>3</sup>, що на 74 % більше, ніж на 7-й день. Із часом у пакетах на 21-й і 28-й дні порівняно з 14-м днем дослідження спостерігали незначну інтенсивність бродильних процесів, що у свою чергу проявлялося в несуттєвому збільшенні об'ємів біогазу на цих етапах. На 21-й день кількість біогазу зростає усього на 7 % порівняно з 14-м днем, а на 28-й – тільки на 12 % порівняно з 21-м днем. Таку саму закономірність утворення біогазу спостерігали у пакетах дослідних груп, де інкубувалися пелети пшеничної соломи з добавками післяспиртової барди. Процес газоутворення в пакетах, в яких як субстрат використовували пелети ріпакової соломи, дещо відрізнявся від того, який відбувався у пакетах з пелетами пшеничної соломи. У цьому разі, спостерігали поступовий прогрес збільшення об'ємів газового середовища. На 14-й день кількість біогазу порівняно зі 7-м днем зростала на 75 % і 60 % відповідно у контрольній і дослідній групах пакетів; на 21-й день порівняно з 14-м днем – на 17 % і 16 % і на 28-й день порівняно з 21-м днем – на 21 % і 18 %, відповідно. Експерименти підтвердили можливість застосування післяспиртової барди у вигляді 15 % добавки у виробництві солом'яних пелет для біогазових технологій.

**Ключові слова:** біогаз, пелети, пшенична солома, ріпакова солома, післяспиртова барда.

Zakhariv O.

**HOW THE POST-ALCOHOLIC BARDS IMPACT DENSITY  
OF STRAW PELLETS AND INTENSITY OF BIOGAS PRODUCTION**

The results of the study reveals one of the methods of using the post-alcoholics bards in production of straw pellets considering that those bards are the leftovers from production of alcohol for which special filtration fields used which therefore bring negative impact for agricultural lands. The post-alcoholic additives increase density in 8 mm made pellets after adding chopped and extruded wheat and rape straw. The intensity of biogas production from plant biomass, which consisted of extruded and pelleted wheat and rape straw, naturally increased from the 1<sup>st</sup> to the 28<sup>th</sup> day of the study. The highest intensity of biogas production was noted from the beginning to the 14<sup>th</sup> day of incubation. Therefore, the amount of biogas generated from the pellets of wheat straw on the 14<sup>th</sup> day of the experiment was 345 m<sup>3</sup> per 1 ton of substrate, which is 74 % more than on the 7<sup>th</sup> day. Over time, in packets on the 21<sup>st</sup> and 28<sup>th</sup> days compared with the 14<sup>th</sup> day of the study, a slight intensity of fermentation processes was observed, which in turn reflected a slight increase in biogas volumes at this stage. As a result, on the 21<sup>st</sup> day the amount of biogas increased by only 7 %, compared with the 14<sup>th</sup> day; and on the 28<sup>th</sup> day – by only 12 %, compared with the 21<sup>st</sup> day. The same biogas generation pattern was kept in experimental groups, where wheat straw pellets were incubated with additives post-alcoholic bards. Conclusively, the process of biogas formation in packages with the rape straw was somewhat different from the packets of wheat straw. In this case, there was a gradual progress in increasing the volume of gas environment. So, on the 14<sup>th</sup> day compare to the 7<sup>th</sup> day the amount of biogas increased by 75 % and 60 % respectively. While in the control and experimental groups of packages, on the 21<sup>st</sup> day compared with the 14<sup>th</sup> day there was increased by 17 % and 16 % respectively; as in turn on the 28<sup>th</sup> day as to compare with 21<sup>st</sup> day – by 21 % and 18 %. These experiments show the possibility of using post-alcoholic bards in the form of 15 % additive of the production of straw pellets for biogas technologies.

**Key words:** biogas, pellets, wheat straw, rape straw, post-alcohol bard.

*Стаття надійшла 29.05.2018.*