УДК: 662.767.2+631.571

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ВІДХОДІВ РІЗНИХ ВИДІВ ДЕРЕВИНИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ МЕТАНОГЕННОГО БРОДІННЯ

В. М. ПАВЛІСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор
О. Я. ЗАХАРІВ, доктор сільськогосподарських наук, професор,
Б. М. ТРИГУБА, провідний спеціаліст
ВП НУБіП України
«Бережанський агротехнічний інститут»

Стаття присвячена дослідженню впливу попередньої обробки лігніноцелюлозної маси різних видів деревини на інтенсивність метаногенного бродіння. Досліджено відносний вміст основних органічних речовин у різних видах деревини і показано їх вплив на інтенсивність виходу біогазу. Показано, що процеси метаногенезу із пелет осикової і букової тирси відбуваються найінтенсивніше у перші три тижні від внесення культури метаногенних мікроорганізмів у субстрат, порівняно з дубовою і сосновою тирсою та корою, далі цей процес уповільнюється і практично зупиняється.

Біогаз, целюлоза, геміцелюлоза, деблокація, фракційний склад, делігніфікація

Проблема використання лісосічних відходів на підприємствах лісопромислового комплексу України залишається нагальною. На окремих стадіях виробництва лісопродукції частина деревної сировини через низьку товарну цінність не використовується або втрачається у вигляді відходів. Відходи лісозаготівель і лісообробного виробництва, а також деревина, що утворюється на лісових складах у разі переробки деревини, можуть слугувати додатковою сировиною для переробки в лісозаготівельному виробництві [3] .

Широкий спектр органічних відходів (як твердих, так і рідких) агропромислового виробництва, стічні води, тверді побутові відходи і відходи лісової промисловості можуть бути сировиною, яка використовується у біогазових технологіях. Якість цих відходів прямо пропорційно залежить від вологості, що дуже впливає на вихід біогазу з одиниці сухої речовини та вміст у ньому біометану [8].

Відходи деревини за певної попередньої обробки можуть бути використані для метаногенного бродіння. Таким чином, актуальним залишається питання підбору найефективніших методів попередньої обробки деревини, яка використовується у технології виробництва біометану.

© *В. М. ПАВЛІСЬКИЙ, О. Я. ЗАХАРІВ, Б. М. ТРИГУБА, 2015*

Технологія газифікації була створена ще в XIX столітті для виробництва синтетичного газу, необхідного для освітлення міст, а також використання його в якості теплоносія для побутових і промислових цілей (металургія, парові машини та ін.). Газифікації піддавалися як кам'яне вугілля, так і біомаса рослин і продукти її переробки (деревне вугілля).

Використовувати базовий процес газифікації вугілля для виробництва синтетичних хімічних речовин і палива почали з 1920-х років в Інституті Кайзера Вільгельма при дослідженні вугілля в м. Мюльгейм-на-Рурі (Німеччина). У цьому інституті Францем Фішером і Гансом Тропшом був винайдений спосіб отримання синтез-газу (сингаза) для виробництва в Німеччині рідкого палива з вугілля [1].

Доречно згадати і досвід Радянського Союзу, де з кінця 1920-х до 1950-х років працювали газогенераторні установки, які використовували деревину (дрова та деревне вугілля) і торф для отримання газоподібного моторного палива. У 1929 році в СРСР була побудована перша велика газогенераторна станція, що працювала на торфі, а протягом наступних років - ряд інших таких же станцій були побудовані на великих підприємствах [6].

Біогазові енергетичні установки (БЕУ) можуть застосовуватися для автономних споживачів енергії, які розташовані переважно, в зонах сільськогосподарського виробництва, так як первинною сировиною для них є відходи цього виробництва.

Основною складовою часткою біогазу є біометан, об'єм якого становить понад 50%, тому біогаз з БЕУ в умовах автономного джерела енергії може використовуватися для роботи котла, бойлера або технологічного обладнання.

Автономні БЕУ досі використовуються в Китаї – більше 7 млн. шт., в Індії – 1,5 млн. шт., у західній частині Європи – понад 600 великих установок, а також у США, Польщі та ін. [2].

Мета дослідження - провести аналіз вмісту основних органічних речовин у різних видах деревини і встановити їх залежність від інтенсивності утворення біогазу. Визначити вплив механічного методу попередньої обробки відходів лісової промисловості для процесу метаногенезу.

Матеріал і методика досліджень. Основні відходи лісової промисловості – це деревна зелень (лісосічні відходи), кора (відходи деревообробки), тирса і стружка (відходи розпилювання дерев). На кожен вид відходів припадає 20-25% від загальної маси дерева.

Деревина є арсеналом хімічних сполук і складається, головним чином, з органічних сполук (біля 99%) і лише невелику частину (біля 1%) становлять неорганічні сполуки, які за умов спалювання деревини переходять у золу, яка містить мінеральні речовини [7].

Дослідження, за допомого яких були отримані результати метаногенного бродіння із пелет різних видів деревини, проводились у лабораторії технології виробництва біогазу ВП НУБіП «Бережанський агротехнічний інститут».

Сировиною для наших дослідів слугували в основному відходи деревини у вигляді тирси, яка попередньо вже піддавалася механічній обробці. Фракційний склад тирси в середньому становить 1-3 мм, після її механічного подрібнення виготовляли пелети.

Найбільший практичний інтерес представляють механічна, термічна, фотохімічна, хімічна і ферментативна деструкція лігніноцелюлозної біомаси. Дані методи змінюють фізико-хімічні і механічні властивості целюлози, у результаті чого відбувається більш-менш суттєве зниження ступеня полімеризації. Для збільшення реакційної здатності сировини попередня обробка повинна призводити до деблокації лігніну, сприяти зниженню індексу кристалічності целюлози, збільшувати її питому поверхню, доступну для молекул білка, які являються складовою ферментів метаногенних бактерій.

В результаті розмелювання целюлози ступінь її кристалічності знижується, відповідно підвищується доступність волокон для заселення їх мікроорганізмами. Попередня механічна деструкція лігніноцелюлози дозволяє істотно підвищити вихід редукуючих речовин, а також зменшити їх можливі втрати [5].

Для вимірювання об’єму біогазу використовували методику В. В. Криворучко, запатентовану в Україні. У ферментер–пакет, який виготовлений з газонепроникного полімерного матеріалу у вигляді прямокутника 250 мм×400 мм (виробництва Австрії) завантажили випробувану біомасу і затравку у пропорції 1:4, після чого витісняли повітря із ферментер–пакета, шляхом опускання його в рідину і термічно заклеювали за допомогою спеціального приладу. До запаяного пакета підвішували гирю, а пакет опускали у вимірювальний циліндр. В результаті нами визначено початковий об’єм досліджуваного варіанта. Тоді ферментер–пакети підвішували у термостат і витримували не менше 35 діб за температури 37,5°С. Вимірювання об’єму пакетів проводили кожні сім днів.

Результати досліджень та їх обговорення. Вміст основних органічних речовин у деревині залежить від виду і коливається в таких межах: деревина хвойних видів містить 48-56% целюлози, 26-30% лігніну, 23-25% геміцелюлоз (10-12% пентозанів, біля 13% гексозанів). Вміст вуглеводів у деревині листяних видів становить: 46-48% целюлози, 19-27% лігніну, 26-35% геміцелюлоз (23-29% пентозанів, 3-6% гексозанів) [4].

У хвойних порівняно із листяними видами більший процентний вміст целюлози у деревині і високий відносний вміст геміцелюлози. Проте у деревині хвойних видів містяться смоли, які є інгібіторами для

метаногенних процесів, крім того у цих порід ще й високий вміст лігніну, через що і зменшується вихід біогазу. Провівши порівняльний аналіз листяних видів дерев слід відмітити, що найбільшим вмістом целюлози і найменшим вмістом лігніну характеризується тирса осики, яка найкраще підходить для метаногенного бродіння. У деревині дуба містяться дубильні речовини, які теж є інгібіторами і перешкоджають процесам бродіння, тим самим зменшуючи вихід біогазу. Вміст целюлози в тирсі бука порівняно менший, але врахувавши невеликий відносний вміст лігніну та високий відносний вміст геміцелюлози вихід біогазу із відходів цієї деревини є досить високим.

Порівняльні дані виходу біогазу із різних видів деревини представлені в таблиці.

Визначення виходу біогазу під час бродіння пелет із відходів деревини ($м^3$/т СР, M ± m, n = 3)

№ з/п	Вид сировини	Тривалість метаногенезу від початку внесення метаногенних мікроорганізмів					
		7 діб	14 діб	21 доба	28 діб	35 діб	42 доби
1	Пелети подрібненої соснової кори	34±0,9	93±1,6	104±2,8	104±5,2	104±6,2	104±5,5
2	Пелети соснової тирси	3±0,6	23±1,0	56±1,4	65±2,1	75±2,7	75±3,1
3	Пелети дубової тирси	14±1,8	26±1,5	31±1,1	58±2,3	75±2,6	94±3,1
4	Пелети букової тирси	29±1,4	91±3,2	188±8,3	240±11,0	285±9,5	300±10,9
5	Пелети із осикової тирси	77±2,5	290±12,1	321±21,4	341±10,8	385±10,6	385±11,3

Із результатів, представлених у таблиці видно, що найбільший вихід біогазу (385 $м^3$/т СР) серед усіх досліджуваних субстратів ми отримали з пелет, виготовлених з осикової тирси. Вже на сьомий день процесу метаногенезу, об'єм біогазу із пелет осикової тирси становив 77 $м^3$/т СР, що у 2,7 разів було більшим, ніж біогазу отриманого із пелет букової тирси ($p \leq 0,01$), у 5,5 разів більше, ніж із пелет дубової тирси
($p \leq 0,01$), у 26 разів більше, ніж із пелет соснової тирси ($p \leq 0,001$) і у 2,3 рази більше, ніж із пелет подрібненої соснової кори ($p \leq 0,01$). Замірюючи об'єм отриманого біогазу з кожного зразка пелет кожні 7 днів ми спостерігали, що швидкість метаногенних процесів найбільш інтенсивно відбувалася до 21-ої доби від внесення у субстрат метаногенних бактерій. Далі, на 28-у, 35-у і 42-у добу швидкість метаногенезу суттєво знижувалася майже у всіх пакетах, а у пакетах,

де містилися пелети із подрібненої соснової кори, процес метаногенезу практично зупинився.

Аналізуючи отримані цифрові дані стосовно отриманого біогазу із пелет осикової тирси видно, що його об'єм між 7-ою і 14-ою добою зріс у 3,8 рази, за наступні кожні 7 днів продукція біогазу зростала приблизно на 10% до 35-ої доби, а далі процес метаногенезу зупинився.

Дещо інша закономірність процесу метаногенезу спостерігається за умови використання в якості субстрату для виготовлення пелет букової тирси. Так, між 7-ою і 14-ою добою, об'єм новоутвореного біогазу зріс у 3,1 рази, через наступні 7 днів – у 2,1 рази, а далі процеси метаногенезу продовжувалися до кінцевого вимірювання, хоч і з меншою інтенсивністю,через кожні 7 днів відповідно на 13%, 19% і 5%. Сумарний об'єм утвореного біогазу із пелет, виготовлених з букової тирси (300 $м^3$/т СР) був на 28% меншим порівняно із об'ємом біогазу, утвореного з пелет із осикової тирси.

Отримані цифрові дані вимірювання об'єму новоутвореного біогазу з пелет виготовлених з подрібненої соснової кори і дубової та соснової тирси, вказують на те, що використання тирси осики і бука у якості субстрату в біогазових технологіях є більше ніж у три рази ефективнішим, ніж використання трьох інших досліджуваних субстратів.

Висновок. Деревина є прекрасною сировиною для використання у біогазових технологіях, що відкриває перспективи більш ефективного застосування відходів лісових ресурсів, як енергетичного потенціалу держави. Використання пелетованої тирси осики і бука у якості субстрату в біогазових технологіях є більш ніж у три рази ефективнішим порівняно з використанням пелет із подрібненої соснової кори і дубової та соснової тирси. Процеси метаногенезу із пелет осикової і букової тирси відбуваються найінтенсивніше протягом перших трьох тижнів від внесення культури метаногенних мікроорганізмів у субстрат, далі цей процес сповільнюється і протягом 42-х діб практично зупиняється.

Список літератури

1. Австрия производство биогаза из древесины «Биогазовые установки» [Електронний ресурс] − Режим доступу: http://biogas-energy.ru/biogas/.

2. Публичные учебные материалы ВГУЭС [Електронний ресурс] / Владивостокский государственный университет экономики и сервиса – Режим доступу: http://abc.vvsu.ru/Books/r_ist_ener/page0007.asp.

3. Пуцентейло П. Р. Енергетичний потенціал використання деревних відходів в Україні [Електронний ресурс] / М. Б. Свинтух // Міжнародний науково-виробничий журнал Економіка приро-докористування і екологія – Режим доступу: http://irbisnbuv.gov.ua/cgibin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?

C21COM= 2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD= 1&Image_file_name= PDF/sre_2013_2_41.pdf.

4. Реферати [Електронний ресурс].− Режим доступу: http://www.refmaniya.org.ua/konspekti/vlastivost-derevini.

5. Справочник химика 21 [Електронний ресурс]. − Режим доступу: http://chem21.info/page/211063162030127031075080120251200072074068171165/.

6. Метан из биомассы. Хорошо забытые технологии будущего [Електронний ресурс] / Статьи журнала ЛесПромИнформ.−2010 г. №8 (74). − Режим доступу: http://www.lesprominform.ru/ jarchive/ articles/itemshow/2125.

7. Хімія деревини [Електронний ресурс] / Українські реферати – Режим доступу: http://www.refine.org.ua/pageid-4568-1.html.

8. Key World Energy Statistics. [Електронний ресурс] / Publication of International Energy Agency, 2011 − Режим доступу: http://www.iea.org / publications / freepublications / publication / name, 31287.

Статья посвящена исследованию влияния предварительной обработки лигниноцелюлозной массы различных видов древесины на интенсивность метаногенного брожения. Исследовано процентное содержание основных органических веществ в различных видах древесины, раскрыто их зависимость от интенсивности выхода биогаза. Показано, что процессы метаногенеза из пелет, состоящих из осиновых и буковых опилок происходят более интенсивно за первые три недели после внесения культуры метаногенних микроорганизмов в субстрат, по сравнении с дубовыми и сосновыми опилками, сосновой корой. В последствии этот процесс замедляется и практически останавливается.

Биогаз, целлюлоза, гемицеллюлоза, деблокация, фракционный состав, делигнификация

The article is devoted research of influence of rough-down of lignocellulosis mass of different types of wood on intensity of methanogenics fermentation. The percentage of basic organic matters is investigational in the different types of wood, their dependence is exposed on intensity of output of biogas. It is rotined that processes of methanogenesis from pellets aspen and beech beechen sawdust take a place more intensively for the first three weeks after bringing of culture of methanogenics microorganisms in the substratis, as compared to oak sawdust, pine sawdust and bark, farther this process is slowed and is stopped.

Biogas, cellulose, hemicellulose, deblokation, fractional composition