

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗКЛАДУ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ З ОДЕРЖАННЯМ БІОГАЗУ ТА ДОБРІВ

О. В. Ковальчук, Г. М. Зінченко

*Проведено аналіз сировинних запасів нетрадиційних джерел енергії і біохімічних методів розкладу органічних відходів з одержанням біогазу та біодобрив з підвищеним вмістом гумусу. Визначено кількість теплоти, що при цьому виділяється. Показано, що найкращою сировиною для одержання біогазу є органічні відходи.*

*Проведено анализ сырьевых запасов нетрадиционных источников энергии и биохимических методов их разложения с получением биогаза и биоудобрений с повышенным содержанием гумуса. Определено количество теплоты, которая при этом выделяется. Показано, что наилучшим сырьем для получения биогаза являются органические отходы.*

*The estimation of raw material supplies of untraditional energy sources and biochemistry methods his curriculum from the receipt of biogas and biofertilizers with enhanceable maintenance of humus are analyzed. Certainly amount of warmth which is here selected. The best raw material for the receipt of biogas is organic wastes.*

### Вступ

В умовах подорожчання енергоносіїв та погіршення екологічної ситуації значна увага приділяється альтернативним джерелам енергії. Сучасна альтернативна енергетика представлена широким спектром засобів та джерел. Враховуючи природничо-кліматичні умови України і Вінницької області можна зробити висновок про можливість впровадження сучасних біогазових процесів і технологій [1].

Впровадження біогазових технологій та процесів дає можливість частково розв'язати такі проблеми:

- ✓ енергетичну – отримання біогазу-метану;
- ✓ агрономічну – отримання екологічно чистих та високоефективних органічних добрив, що здатні значно підвищувати врожайність ґрунту й сприяти вирощуванню екологічно чистих продуктів харчування;
- ✓ соціальну – поліпшення умов праці та побуту людей;
- ✓ екологічну – усунення негативного впливу відходів при їх збереженні та переробленні.

### Основна частина

Мета роботи полягала у вивченні сировинних запасів нетрадиційних джерел енергії, на прикладі органічних відходів, та процесів і технологій одержання з них біогазу і добрив з підвищеним вмістом гумусу.

Для досягнення заданої мети необхідно було:

- ✓ провести аналіз сировинних запасів енергоносіїв, на прикладі органічних відходів, що служать сировиною для одержання біогазу та добрив;
- ✓ проаналізувати сучасні методи розкладу органічних відходів;
- ✓ вибрати найефективніший метод розкладу органічних відходів з одержанням біогазу та добрив;
- ✓ провести дослідження з розкладу органічних відходів для одержання біогазу та добрив.

Аналіз сировинних запасів для одержання біогазу та добрив в Україні свідчить, що тверді побутові відходи займають площі близько 15 тис. га. Так, тільки в Київському регіоні щорічно утворюється близько 20 млн. м<sup>3</sup> ТПВ, з яких 96,5 % вивозяться на полігони для захоронення. З урахуванням того, що з 1 га полігону протягом року можна одержати близько 1 млн. м<sup>3</sup> біогазу, його виробництво в Україні може скласти 15 млрд. м<sup>3</sup> в рік [3]. Одним із найкращих субстратів для одержання біогазу може бути післяспиртова барда. Вона містить широкий спектр розчинних органічних речовин (амінокислоти, органічні карбонові кислоти, гліцерин, бетаїн, білок,

незброжені цукри), які інтенсивно використовуються метанобактеріями з виходом біогазу до  $0,64 \text{ м}^3/\text{кг}$  [4]. Відходи тваринництва також є перспективним джерелом отримання з них енергії, наприклад, в результаті анаеробного бродіння в біореакторах. Вони є в будь-якому господарстві і не вимагають попередньої підготовки. Для рослинних залишків характерною особливістю є їх сезонна відтворюваність. Значний потенціал для перероблення в біореакторах має також солома.

Для виробництва біогазу у деяких країнах світу широко використовуються відходи не тільки тваринницьких ферм, а й молочних, зернопереробних, пивоварних, кондитерських, спиртогорілчаних, текстильних, целюлозо-паперових та багатьох інших підприємств (табл. 1).

Біогаз на 50-75 % складається з метану, містить 25-50 % вуглекислого газу, 0-10 % азоту, 0-1 % водню, 0-3 % сірководню, 0-2 % кисню [2]. Отже, біогаз – аналог природного газу, різниця лише в його походженні.

Таблиця 1

**Хімічний склад біодобрив**

Біодобриво (перевроджена маса)	Хімічний склад біодобрив, кг/т				
	N	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
Свинний гній	5,9-6,5	1,4-2,0	5,3-5,8	6,1-6,3	1,5-1,8
Коров'ячий гній	4,3-5,0	1,0-1,2	2,7-2,9	7,5-7,8	1,3-1,5
Кінський гній	3,6-3,8	1,0-1,1	4,0-4,3	4,3-4,8	1,5-1,8
Пташиний послід	17-18	3,0-3,5	10-10,9	8,0-8,8	3,5-4,2
Трава	3,2-3,5	0,7-1,0	1,37-1,4	4,2-4,8	0,5-0,6
Трав'яний силос	3,5-3,8	0,5-0,9	1,25-1,3	4,0-4,5	0,5-0,6
Кукурудзяний силос	3,7-4	1,2-1,3	1,3-1,4	4,2-4,5	0,8-1
Гичка цукрових буряків	2,1-2,3	0,5-0,9	1,25-1,4	3,5-4	0,7-0,9
Пивна дробина	14-16	2,0-2,5	6,0-6,5	5,4-5,5	0,6-0,8
Зернова барда	16-18	1,9-2,3	6,0-6,3	5,3-5,5	0,6-0,8
Жом (цукрові буряки)	5,5-7,2	-	5,3-5,5	4,2-4,5	1,2-1,6
Відходи бойні	10-12	1,8-2,0	20-25	3,0-3,5	2,5-2,6
Відходи молокозаводів	2,5-3,2	0,4-0,8	1,0-1,2	-	-
Зернові відходи	8-10	1,8-2,0	5,6-6,0	5,2-5,3	0,7-0,8
Відходи картоплі	4,5-4,7	1,5-1,8	2,8-3,5	4,6-4,8	1,2-1,4
Вижимка (фрукти)	6-6,8	-	6,4-6,7	5,3-5,8	2,1
Органічні харчові відходи	5,6-5,8	1,6-1,9	3,2-3,6	4,0-4,3	2,5-2,7
Рапсовий шрот	4,5-5	-	2,6-3,8	5,6-7	3,2-3,4
Активний мул	3,9-4,2	2,4-2,2	2,2-2,9	2,1-2,22	0,5-0,27

Внесення у ґрунти біодобрив, що утворюється внаслідок анаеробної трансформації органічних відходів, підвищує врожайність сільськогосподарських культур у 2 рази більше, порівняно з використанням традиційних добрив, оскільки біоорганічні добрива мають підвищений гумусний потенціал. При цьому приріст урожаю сільгоспкультур на 10-20 % більший, ніж при використанні, наприклад, перегною (табл. 1).

Для розкладу органічних відходів використовують переважно біохімічні методи: методи з доступом кисню (аеробні) та без доступу кисню (анаеробні). Одним із найбільш дешевих методів

отримання біогазу є конверсія анаеробними мікроорганізмами різних відходів.

Анаеробний метод розкладу органічних відходів не потребує значних витрат, а потребує лише періодичного зрошування для гомогенізації суміші та активації роботи мікробів.

Анаеробне перетворення речовин в біогаз (метан) проходить через наступні послідовні стадії (рис. 1):

- ✓ гідроліз (розщеплення) складних біополімерних молекул білків, ліпідів, поліцукрів та інших органічних речовин на більш прості оліго- і мономераїнокислоти, вуглеводи, жирні кислоти тощо;
- ✓ ферментація (бродіння) мономерів, що утворились у першій стадії, до більш простих речовин – нижчих кислот та спиртів; при цьому також утворюється діоксид вуглецю;
- ✓ ацетогенна стадія, в якій утворюються безпосередні попередники метану: ацетат і водень;
- ✓ метаногенна стадія, яка призводить до одержання кінцевого продукту – метану.
- ✓ У біореакторі ці стадії відбуваються майже одночасно [5].

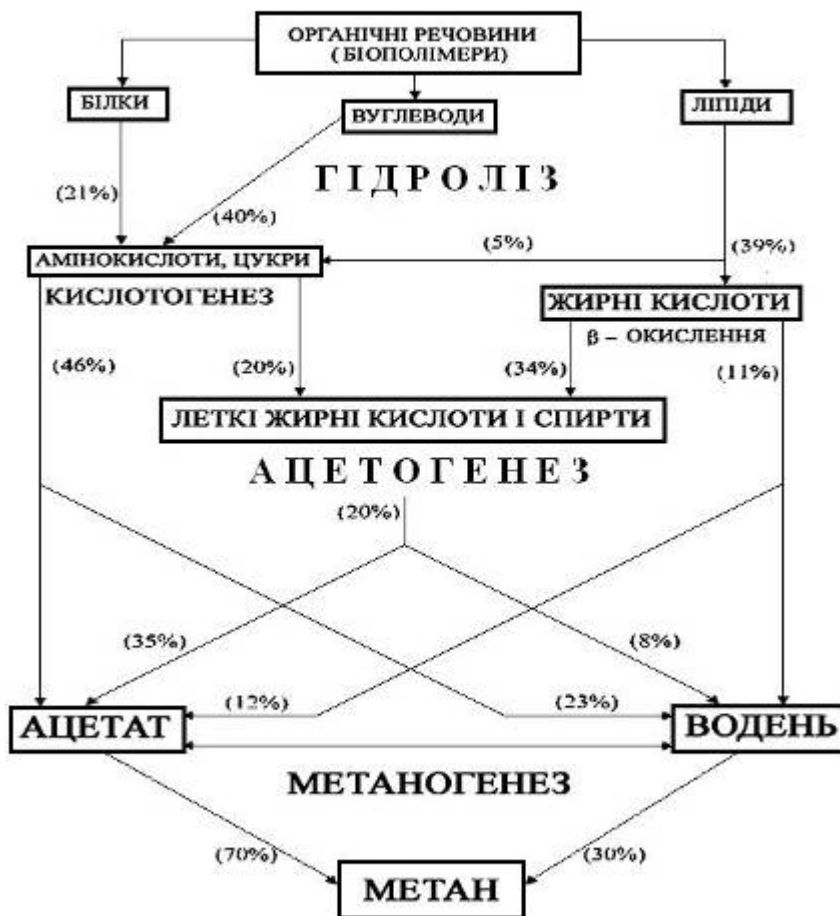


Рис. 1. Функціональна схема анаеробного перетворення органічних речовин в біогаз (метан)

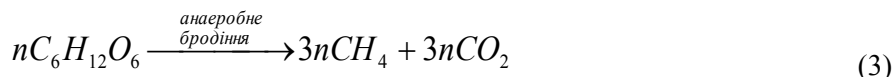
У процесі життєдіяльності, при відсутності кисню, мікроорганізми використовують вуглецевмісні органічні речовини і утворюють метан:



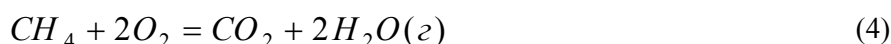
В цьому процесі в якості донора електронів мікроорганізми використовують, як правило, вуглець органічних сполук, окислюючи його до діоксиду вуглецю  $CO_2$ :



При цьому органічні речовини із твердого чи рідкого стану переходять у газоподібну фазу [30]. Крім того, з діоксиду вуглецю CO<sub>2</sub> і водню H<sub>2</sub> утворюється додаткова кількість метану CH<sub>4</sub> і води H<sub>2</sub>O. Стехіометрія усього процесу може бути описана наступною схемою:



Важливою характеристикою біогазу є теплота згорання та вихід теплоти. Їх можна визначити, знаючи теплоту утворення метану і продуктів його повного згорання:



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{згор}CH_4} &= (\Delta H_{\text{утв}CO_2} + 2\Delta H_{\text{утв}H_2O(\ell)}) - (\Delta H_{\text{утв}CH_4} + 2\Delta H_{\text{утв}O_2}) = \\ &= (-393,62 + 2 \cdot 241,72) - (-74,78) = -802,28 \text{ кДж / моль} \end{aligned} \quad (5)$$

Виділення теплоти згорання метану і біогазу можна визначити за формулами[6]:

$$Q_{TCH_4} = - \frac{\Delta H_{\text{згор}CH_4}}{M_{CH_4}} \cdot 1000 = - \frac{-802,28}{16} \cdot 1000 = 50140 \text{ кДж / кг} \quad (6)$$

$$Q_{T\text{біогазу}} = Q_{TCH_4} \cdot w = 50140 \cdot 0,6 = 30084 \text{ кДж / кг} \quad (7)$$

Біогаз (метан) можна отримати із різних відходів, залишків і сумішей за оптимальних умов їх анаеробного розкладу. Вихід метану залежить від кількості субстрату, умов протікання процесу, бактеріального складу в реакторі тощо.

За формулами (6, 7) визначено вихід і кількість виділеної теплоти в залежності від природи сировини. Результати обчислень наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Вплив природи сировини на вихід метану та виділення теплоти в процесі розкладу органічних відходів**

Органічні відходи (сировина)	Вихід CH <sub>4</sub> , м <sup>3</sup> /кг сухої речовини	Виділення теплоти Q <sub>T</sub> , кДж/кг	Вміст CH <sub>4</sub> , (%)	Виділення теплоти Q <sub>T</sub> , кДж/м <sup>3</sup>
Послід індичок	0,640	32090,0	62,0	31086,8
Молочні відходи	0,625	31337,5	82,0	41115,0
Гній свиней	0,580	29081,2	77,5	38858,5
Послід курей	0,370	18551,8	54,0	27075,6
Гній биків + м'яса	0,300	15042,0	48,0	24067,2
Гній биків	0,290	14540,6	56,2	28178,7
Силосні відходи	0,250	12535,0	84,0	42117,6
Гній биків + солома	0,220	11031,0	52,0	26072,8
Гній корів	0,208	10429,1	55,0	27577,0

Враховуючи вихід та вміст біогазу (метану), а також кількість теплоти, що при цьому виділяється, можна стверджувати про можливість і доцільність впровадження сучасних біогазових процесів і технологій. Найкращою сировиною для одержання біогазу (метану) є органічні відходи.

### Висновки

- В результаті проведених досліджень виявлено, що найдешевшим та найбільш економічно вигідним джерелом енергії може бути впровадження біогазових технологій та процесів. Це дозволить отримувати цінне паливо – біогаз (із вмістом метану до 52-84 %) та природні біодобрива. Одержані результати досліджень використано для розробки раціонального процесу і технології одержання біогазу та комплексних біодобрив з підвищеним вмістом гумусу.

### Використана література

1. Ратушняк Г. С. Енергозбереження в системах біоконверсії / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 83 с.
2. Енциклопедія «Вікіпедія» // Режим доступу: [http:// ru.wikipedia.org/wiki/топливо](http://ru.wikipedia.org/wiki/топливо).
3. Утилизация и переработка ТБО с целью получения биогаза.  
Режим доступу: [http:// www.solidwaste.ru/dictionary/2.html&view=A](http://www.solidwaste.ru/dictionary/2.html&view=A)
4. Соуфер С. Биомасса как источник энергии / С. Соуфер, О. Забородски. – М.: Мир, 1985. – 368 с.
5. Стребков Д. С. Биогазовые установки для обработки отходов животноводства / Д. С. Стребков, А. А. Ковалев // Техника и оборудование для села, 2006. – №11. – С. 28-30.
6. Магомедов А. М. Анаэробное сбраживание органических отходов и перспективы применения продуктов его переработки / А. М. Магомедов, И. М. Магомедов. - [http:// biogas.nature.ua](http://biogas.nature.ua).

**Ковальчук Олександр Васильович** – к.т.н., доцент, зав. кафедри хімії Вінницького державного педагогічного університету.

**Зінченко Ганна Миколаївна** – магістрант кафедри хімії Вінницького державного педагогічного університету.