

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ**

УДК 657:471

**ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ, ВИРОБНИЦТВА  
ТА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПАЛИВ У СВІТІ**

М. Ф. Друкований, Л. В. Дишкант, І. М. Алексевич

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ, ПРОИЗВОДСТВА  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТОПЛИВ В МИРЕ**

М. Ф. Друкованый, Л. В. Дышкант, И. М. Алексевич

**MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT, PRODUCTION AND  
USE BIOFUEL IN THE WORLD**

M. Drukovanuy, L. Dushkant, I. Aleksevych

*В статті розглянуто питання виробництва і використання біодизеля, біоетанолу, біогазу у світі. На основі цих даних вноситься пропозиція в розвитку переробки біомаси. Запропонована технологічна лінія з двома реакторами: реактором окиснення і реактором для отримання біогазу. Дана лінія працює на отримання біогазу та біологічних органічних добрив. Досліджено вплив розчинення молотого ракушняку в біомасі на вміст кальцію, калію, фосфору, азоту, золи, органічної речовини, кислотності, вологи і відношення вуглецю до азоту (C:N) в отриманих добривах. Наведені результати польових досліджень впливу біологічних добрив на урожайність кукурудзи.*

**Ключові слова:** біодизель, біогаз, біоетанол, переробка біомаси, біологічні добрива, реактор окиснення, реактор для отримання біогазу.

*В статье рассмотрены вопросы производства и использования биодизеля, биоэтанола, биогаза в мире. На основе этих данных вносится предложение в развитии переработки биомассы. Предложенная технологическая линия с двумя реакторами: реактором окисления и реактором для получения биогаза. Данная линия работает на получение биогаза и биологических органических удобрений. Исследовано влияние растворения молотого ракушечника в биомассе на содержание кальция, калия, фосфора, азота, золы, органического вещества, кислотности, влаги и отношение углерода к азоту (C: N) в полученных удобрениях. Приведенные результаты полевых исследований влияния биологических удобрений на урожайность кукурузы.*

**Ключевые слова:** биодизель, биогаз, биоэтанол, переработка биомассы, биологические удобрения, реактор окисления, реактор для получения биогаза.

*In the article the question of production and use of biodiesel, bioethanol, biogas in the world. Based on these data, it proposes the development of biomass. The technological line for the two reactors: the oxidation reactor and the reactor to produce biogas. This line runs on biogas and biological organic fertilizer. The effect of dissolution grind limestone in biomass in calcium, potassium, phosphorus, nitrogen, ash, organic matter, pH, moisture, and the ratio of carbon to nitrogen (C: N) obtained in fertilizers. The results of field studies of the impact of biological fertilizers on the yield of maize.*

**Keywords:** biodiesel, biogas, bioethanol, biomass, biological fertilizer reactor oxidation reactor to produce biogas.

**Вступ**

Людство на даному етапі розвитку викидає в атмосферу 25 млрд CO<sub>2</sub> і створює умови для екологічних проблем нашої планети. Основну частину цих викидів складають відходи двигунів внутрішнього спалювання. Тому ООН та керівництво Євросоюзу приділяють велику увагу розвитку та використанню біопалив. В 2012 році у світі було вироблено близько 40 млн т біодизеля, 90 млн т біоетанолу та біля 70 млрд м<sup>3</sup> біогазу. Провідними країнами із виробництва

біоетанолу є США – 53 %, Бразилія – 37 %, Китай – 3 %. З виробництва біодизелю – 20 млн т – Євросоюз, решта – США, Бразилія, Аргентина та інші країни. Біогаз виробляється в Китаї – 43 млрд м<sup>3</sup> в рік, Індії, Індонезії, Німеччині та інших країнах світу.

Кожна країна світу має свою програму, свою стратегію, свою біомасу та своє законодавство для розвитку біоенергетики і виробництва біопалив. Важливе місце в розвитку біоенергетики кожної держави займає наука.

Для прикладу, ученими Швейцарії на основі глибоких наукових досліджень доказано і введено в законодавче поле, що для цієї країни основним напрямком розвитку біоенергетики з позицій екологічної чистоти є виробництво біогазу. Такої позиції притримується Китай. В Китаї працюють 35 млн шт. малих і більше 100 тис. великих біогазових комплексів. Все це було збудованого за рахунок фінансової підтримки держави. В Китаї 60 % міського транспорту і 80 % сільського використовує біогаз. Китай вивозить в поле 1,5 млрд т біологічних добрив, маючи 9 % ґрунту світу, годує чверть людства і продає продукти харчування.

В Європі біогаз виробляють Німеччина та Данія. Ці країни біогаз на когерентних установках переробляють в електричну енергію.

Біоетанол в Бразилії виробляють з цукрової тростини, в США – з кукурудзи.

Дуже шкода, але в Україні ні серед вчених, ні серед керівників різних рангів і держави немає єдиного законодавчо закріпленого напрямку розвитку біоенергетики нашої держави. Хоча для нашої держави це найважливіше питання, оскільки ми живемо за рахунок експортованої енергії. Розвиток біоенергетики нашої держави потрібно робити на базі аналізу біомаси нашої держави.

За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України щорічний загальний енергетичний потенціал, доступний для виробництва біомаси, в сільському господарстві України становить близько 49,2 млн т у. п. Але біомасу потрібно розглядати не тільки з позицій біоенергетики, біомаса відіграє важливу роль в підтримці вмісту чорнозему в ґрунті. А тому потрібно відновляти тваринницький комплекс в державі. В 1990 році Україна мала 29 млн ВРХ і кожен рік вивозилось в поле 435 млн т гною. Двадцять років гній в поле не вивозиться, ґрунт удобрюється мінеральними добривами, втрачено 1 % вмісту чорнозему в ґрунті, а це дорога в нікуди.

Тому основним напрямком розвитку біопалив в нашій державі повинна бути переробка біомаси в біогаз та органічні біологічні добрива. Для цього треба відновити тваринницький комплекс в державі. В провідних країнах світу на кожну людину в державі припадає 0,5-0,7 одиниць ВРХ, а це означає, що нам потрібно 25-30 млн ВРХ. Тоді ми будемо мати 15-20 млрд м<sup>3</sup> газу, і 400-430 млн т біодобрив, які працюють в ґрунті до 10 років. Зможемо відновити чорнозем в ґрунті, вирощувати екологічно чисту продукцію, мати великий дохід і відновити здоров'я наших людей.

**Предметом дослідження** в даній роботі є отримання біогазу та біодобрив.

**Мета публікації** – розкриття проблем отримання біогазу та біологічних органічних добрив високої якості.

### Основна частина

Пропонуємо лінію із переробки біомаси в біогаз та біологічні органічні добрива з двома реакторами. В першому будемо в лужному середовищі відходів тварин розчиняти мінерали з вмістом кальцію і фосфору, а в другому з біомаси вилучати біогаз.

З даних таблиць 1 і 2 видно, що при розчиненні в лужному середовищі відходів тварин молотого ракушняка, вміст кальцію збільшився з 2,21 % до 13,72 % в 6 разів, а відношення вуглецю до азоту (C:N) збільшилося з 10,5 до 18,2.

Виходячи із вищенаведених досліджень, ми маємо виробляти біологічні добрива високої якості прямо на місці їх використання. Вартість таких добрив буде коштувати біля 300 гривень.

Запропонована технологічна лінія дасть можливість здійснити високоефективний процес переробки біомаси в біогаз та біологічні органічні добрива (рис. 1). В наведеній технологічній лінії охоплюється весь цикл операцій – від прийому сировини і до одержання готової продукції. Вона дає загальне уявлення про послідовність окремих стадій і робочих операцій процесу виробництва органічних біодобрив та біогазу з подальшим використанням його як сировини для когенераційної установки із виробництва електроенергії та тепла.

Із ферм утримання ВРХ біомасу вологістю 80-95 % доставляють на комплекс автотранспортом у подрібнювач 3, у якому відбувається подрібнення довговолокнистих включень. Далі біомаса перекачується в ферментатор окиснення 2, де відбувається нагрівання біомаси, її окиснювання, змішування та розчинення в ній мінеральної добавки. Подача рідкої біомаси в реактор 2 відбувається фекалопроводом за рахунок насоса 1. Процес окиснення триває 5-7 діб.

Таблиця 1

**Результати випробувань біологічних добрив виготовлених з гною**

№ з/п	Найменування показника	Результати випробувань	
		вміст у сухій речовині	вміст у сирій речовині
1	Масова частка вологи, %	90,91	
2	Кислотність рН	8,9	
3	Масова частка органічної речовини, %	71,1	6,52
4	Масова частка золи, %	28,3	2,6
5	Масова частка аміачного азоту, %	1,93	0,175
6	Масова частка загального азоту, %	3,38	0,31
7	Масова частка загального фосфору (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %	0,84	0,08
8	Масова частка загального калію (K <sub>2</sub> O), %	5,69	0,52
9	Масова частка кальцію, %	2,21	0,38
10	C:N	10,5	

Таблиця 2

**Результати випробувань біологічних добрив виготовлених з гною, в якому розчинений молотий ракушняк**

№ з/п	Найменування показника	Результати випробувань	
		вміст у сухій речовині	вміст у сирій речовині
1	Масова частка вологи, %	81,53	
2	Кислотність рН	8,8	
3	Масова частка органічної речовини, %	52,51	9,71
4	Масова частка золи, %	47,9	8,79
5	Масова частка аміачного азоту, %	0,83	0,154
6	Масова частка загального азоту, %	1,44	0,27
7	Масова частка загального фосфору (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %	0,66	0,12
8	Масова частка загального калію (K <sub>2</sub> O), %	2,20	0,41
9	Масова частка кальцію, %	13,72	2,54
10	C:N	18,2	

Дослідження показали, що при розчиненні карбонатів кількість калію збільшується в 4-7 рази. Паралельно відбувається завантаження в реактор окиснення 30 % силосу кукурудзи. Силос доставляється з сховища трактором, завантажується в приймальний резервуар, направляється в подрібнювач 3, де подрібнюється до частинок 1-3 мм і надходить в реактор окиснення. У реакторі завантажений субстрат підігривається за допомогою теплообмінника 4 до температури 25 °С і перемішується за рахунок роботи мішалки 5. Процес окиснення триває до 5 діб в залежності від потреб у завантаженні реактора бродіння біомаси 6.

Реактор 6 є повністю герметичним резервуаром з кислотостійкого залізобетону і шару утеплювача. Для перемішування біомаси усередині реактора встановлені похилі міксера 8 з нержавіючої сталі. Підігрів субстрату відбувається за рахунок циркуляції теплої води в теплообміннику 9. Температура води на вході в реактор 60 °С, після виходу з реактора біля 40 °С.

Когенераційні установки – устаткування для комбінованого виробництва електроенергії і тепла, в них застосовуються газопоршнєві двигуни внутрішнього згорання, пристосовані до роботи на низькокалорійних газах. З 1 м<sup>3</sup> біогазу в когенераційній теплоелектростанції можна виробити 2-4 кВт електро- і 2-8 кВт теплової енергії. Біогаз спалюється безпосередньо без збагачення.

З реактора 6 переброджена маса подається на сепаратор 18 насосом 19.

Видалена рідка фракція зберігається в лагуні 20. Вона подається в реактор окиснення для змішування із свіжим субстратом на стадії окиснення біомаси. Також рідка фракція використовується як рідке біологічне органічне добриво високої якості.

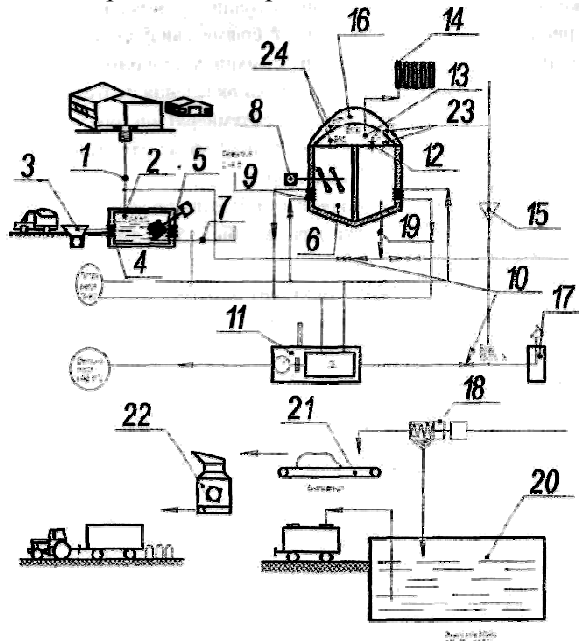


Рис. 1. Схема лінії для виробництва біомаси в газ та біологічні органічні добрива  
 1 – фекальний насос; 2 – реактор окиснення; 3 – подрібнювач; 4, 9 – теплообмінник;  
 5, 8 – мішалка; 6 – реактор; 7, 19 – насос-дозатор; 10 – запірнорегулювальний апарат;  
 11 – когенераційна установка; 12 – клапан; 13 – газгольдер; 14 – очисна колона;  
 15 – компресор; 16 – тентове покриття; 17 – факельна установка; 18 – сепаратор;  
 20 – лагуна; 21 – стрічковий транспортер; 22 – гранулятор; 23 – запобіжний клапан;  
 24 – електронно-контактний манометр

Вижата тверда складова транспортером 21 подається на гранулятор 22 звідки виходить суха речовина – високоякісне біологічне органічне добриво. Виробництво сухого гранульованого добрива фактично виключає втрати живильних речовин при тривалому зберіганні, дозволяє вносити ці добрива до найбільш сприятливих календарних термінів із застосуванням стандартних механізмів.

Датські фірми працюють над тим, щоб з рідкої фракції виділити кормові добавки.

Нами були проведені дослідження впливу біологічних органічних добрив на урожайність кукурудзи, помідорів та огірків. У таблиці 3 наведені результати польових досліджень впливу біологічних добрив на урожайність кукурудзи.

Таблиця 3

**Вплив добрив на урожайність кукурудзи, тонн/га**

Назва гібриду кукурудзи	Урожайність, т/га		
	контрольна	застосування гною	застосування біологічних добрив
ДКС 3571	13,7	15	15,6
ДКС 2971	8	8,6	11,5
ДК 315	9,9	11,6	12
ДКС 3472	11,3	12,3	15,2

З даних, наведених у таблиці 3 видно, що урожайність кукурудзи при використанні біологічних органічних добрив підвищилася на 35–40 %. При випробуванні біологічних органічних добрив при вирощуванні помідорів та огірків їх урожайність збільшилась на 40 і 90 %, відповідно.

### Вирішення проблеми

Енергетика України потребує пошуку альтернативних джерел енергії, їх дослідження і використання. Впровадження біогазових установок дасть змогу виробляти біогаз, біоетанол і біодизель. А також беручи до уваги, що Україна має величезні запаси біомаси та корисних копалин з вмістом кальцію та фосфору, є можливість виробляти біологічні органічні добрива на місці використання та вирощування екологічно чистої продукції. Дана технологія має ще одну перевагу – підготовка добрив під задану культуру, що може змінити наше відношення до сівозмін.

Декілька слів про розвиток твердих палив в Україні. В Україні налагоджено виробництво піролізних котлів [5], це дає можливість з великою ефективністю використовувати відходи деревини для опалення сільських будинків.

В нашій державі спалювати пілети і беркети можна буде через 10-20 років. Вони для нас надзвичайно дорогі.

### Висновки

- Для нашої держави з величезним запасом біомаси, можливістю вирощування водоростей, сприятливим кліматом і багатими ґрунтами, значними запасами корисних копалин з вмістом кальцію та фосфору головним напрямом розвитку біоенергетики повинна стати переробка біомаси в біогаз та біологічні органічні добрива.
- Біологічні органічні добрива відновлюють в ґрунті чорнозем, працюють в ґрунті 10 років і дають можливість вирощувати екологічно чисту продукцію.
- Розчинення мінералів в біомасі дасть можливість виробляти біодобрива із заданим складом фосфору, кальцію і змінить наше відношення до сівозмін.

### Використана література

1. Якушко С. І. Установка комплексної переробки органічних відходів за енергозберігаючою технологією./ С. І. Якушко, С. М. Яхненко. – Вісник “СумДУ”, 2006. – С. 81-84.
2. Дубрыбаев С. Д. Утилизация отходов животноводчества и птицеводства / С. Д. Дубрыбаев, В. С. Даниикин, В. П. Рязанцев. – М.: Агропромформ, 1989. – 53 с.
3. Деклараційний патент України № 58544, “Лінія по переробці біомаси в біогаз, електричну енергію, тепло та органічні добрива”, 11.04.2011, бюлетень № 7, (Друкований М. Ф., Яремчук О. С., Друкований О. М., Брянський В. В., Паламарчук О. Д., Горбатюк П. О.).
4. Деклараційний патент України № 67837, “Спосіб виробництва біологічного органічного добрива”, (Друкований М. Ф., Яремчук О. С., Брянський В. В., Друкований О. М., Мазур І. В., Білера П. А., Паламарчук О. Д.).
5. Друкований М. Ф., Максименко Ю. Л. Дерево – самий дешевий вид палива. Збірник наукових праць ВНАУ, вип. 7, 2011.

*Друкований Михайло Федорович* – д.т.н., професор кафедри процеси та обладнання переробних та харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету.

*Дишкант Людмила Василівна* – магістр.

*Алексевич Іван Миколайович* – магістр.

*Друкований Михаил Федорович* – д.т.н., профессор кафедры процессы и оборудование перерабатывающих и пищевых производств Винницкого национального аграрного университета.

*Дышкант Людмила Васильевна* - магистр.

*Алексевич Иван Николаевич* - магистр.

*Drukovany Mikhail* – D., Professor department of Processes and equipment processing and food production Vinnytsia National Agrarian University.

*Dyshkant Ludmila* – magister.

*Alekseyevich Ivan* – magister.