

**Ткаченко С.Й.**

д.т.н., професор

Янович В.П.

д.т.н., доцент

Любін М.В.

к.т.н., доцент

Сосновська Л.В.

асистент

**Вінницький
національний аграрний
університет****Tkachenko S.****Yanovych V.****Lyubin M.****Sosnovska L.****Vinnitsia National
Agrarian University****УДК 631.878****РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
СХЕМИ ВІБРАЦІЙНОГО МЛИНА
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНО-
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

У статті наведено аналіз технологічних аспектів виробництва біогазу та перспективи використання його вторинних продуктів, а саме субстрату, у якості базового матеріалу для приготування комплексних органо-мінеральних добрив, до складу яких додається ракушняк, фосфорна руда та глауконіт. Проведені експериментальні дослідження дозволили встановити вплив супутніх мінеральних домішок на кінцевий хімічний склад вихідного органо-мінерального добрива.

Розроблено перспективну схему вібраційного млина для реалізації процесу тонкого помелу крупнокускової сировини. Проведено ряд експериментальних досліджень, щодо встановлення впливу мінеральних домішок на кінцевий вміст хімічних складових приготовленого добрива.

Ключові слова: виробництво біогазу, субстрат, мінеральні домішки, вібраційний помел, органо-мінеральне добриво, хімічний склад.

Постановка проблеми. Забезпечення ринку України якісними органічними добривами є актуальним питанням. На сьогодні, у зв'язку зі зменшенням поголів'я великої рогатої худоби, нераціональним використанням відходів тваринництва, збільшенням вартості мінеральних добрив, вноситься недостатня кількість добрив на поля. Внаслідок цього щорічно погіршується родючість ґрунтів, негативний вплив має застосування великої кількості хімічних препаратів для догляду за рослинами. А від родючості, здоров'я ґрунтів залежить кількість вирощеної продукції та її якість, а відповідно, здоров'я і якість життя населення нашої країни.

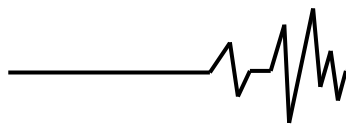
Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні за останні 10-12 років загальна кількість застосування органічних добрив скоротилася у 3-4 рази. За середньостатистичними даними у цей час добрив вноситься не більше 3,3 т/га. Дефіцит органічних добрив тільки для основних споживачів, насамперед сільськогосподарських підприємств різних форм власності, становить понад 65%. Разом з тим ринок споживачів значно поповнився фермерськими господарствами, здебільшого виробниками зернових культур, садівничими суспільствами, які не мають і не виробляють власних органічних добрив [1].

Крім досить відчутної нестачі органічних добрив при їхньому застосуванні виникають проблеми іншого порядку. По-перше, гній, як правило, використовується без відповідної підготовки шляхом прямого внесення на поля або, у найкращому разі, накопичується і якийсь час витримується в буртах, що супроводжується значною втратою органічної речовини й азоту [1].

Залежно від способу і тривалості зберігання органічні відходи втрачають 25-50% органічної речовини і живильних елементів (в першу чергу азот N). Ще більші втрати спостерігаються при промерзанні з наступним відтаванням до 70%. По-друге, використання свіжого гною пов'язане з певними агротехнічними труднощами, що приводить не тільки до забруднення посівних площ насінням бур'янів, але й несе небезпеку забруднення навколишнього середовища [1].

Формулювання мети досліджень. Метою роботи є обґрунтування технології виробництва комплексних органо-мінеральних добрив шляхом впровадження вібраційної машини для тонкого помелу сипких інгредієнтів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Утилізація тваринних відходів традиційними методами створює низку проблем, які зменшують ефективність ведення сільського господарства. Такі відходи токсичні, у повітря



виділяються азот, метан, етан, інші шкідливі гази, забруднюється довкілля, тут виникають місця зосередження носіїв інфекцій [2].

Нераціональне використання отриманих органічних відходів становить екологічну небезпеку [3]. Хоча ці відходи методом біотехнологічної переробки можна перетворити на високоякісні органічні добрива. При використанні анаеробної ферментації додатково можна отримати біогаз, який використовується для виробництва тепла або електроенергії [4].

Сутність ферментативного гідролізу полягає у трансформації органічних матеріалів в наслідок впливу комплексу мікроорганізмів, життєдіяльність яких супроводжується генерацією суміші метану та вуглекислого газу. За анаеробного протікання даного процесу відсоток виділеного газу відносно розкладеної речовини становить 90-95 %. Решта органічного матеріалу використовується для самовідновлення ферментативних бактерій *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Clostridium* [5].

Варто також відзначити, що активний ріст вищеозначених бактерій, а як наслідок інтенсивність виділення екзоферментів, які зумовлюють протікання процесу гідролізу, спостерігається при кислотності розчину $pH = 6,5-7,6$.

До основних стадій процесу метаноутворення варто віднести кислотогену стадію, де в наслідок активної дії гетерогенних

мікроорганізмів на зброджуваний матеріал формується вуглець, який є основним джерелом подальшого харчування бактерій. У наступній ацетогенній стадії перша група бактерій з пропіонової масляної кислот, утворює оцтову кислоту та водень. Тоді, як друга група ацетогенних бактерій утворює оцтову кислоту шляхом відновлення вуглекислого газу воднем. На четвертій метаногенній стадії метанові бактерії утворюють метан двома шляхами – розщепленням ацетату (оцтової кислоти) і відновленням вуглецевої кислоти воднем [6].

До перспективних базових основ при виробництві органічних добрив варто віднести переброджену біомасу, яка в результаті генерації біогазу набуває нових властивостей. Варто відзначити, що даний матеріал, як органічна складова, дозволяє покращити властивості ґрунту та в сукупності з мінеральними компонентами забезпечує інтенсивний ріст ґрунтових мікроорганізмів, а як наслідок підвищує ефективність поглинання корисних речовин рослинами.

Також варто відзначити, що в процесі збродження сировини у біогазових установках гине значна частина патогенних мікроорганізмів та насіння бур'янів, а як наслідок зменшується ймовірність небажаного забруднення посівних площ в процесі її підживлення [7]. У таблиці 1 наведені дані фізико-хімічних показників збродженої біомаси в процесі виробництва біогазу.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники субстрату

№	Показник	Отримане добриво	Вихідна рідка біомаса
1	Вологість, %	93,90	91,61
2	Водневий показник, pH	7,31	8,25
3	Сухий залишок, %	6,10	8,39
4	Азот в сухій речовині, %	2,27	1,56
5	Азот в натуральній речовині, %	0,14	0,12
6	Фосфор в сухій речовині, %	2,35	1,32
7	Фосфор в натуральній речовині, %	0,14	0,11
8	Калій в сухій речовині, %	1,23	0,89
9	Калій в натуральній речовині, %	0,07	0,07
10	Органічна речовина в сухій речовині, %	82,29	88,69
11	Органічна речовина в натуральній речовині, %	4,94	7,10
12	Вуглець в сухій речовині, %	41,15	44,35
13	Вуглець в натуральній речовині, %	2,47	3,55
14	Вміст ЛЖК, мг/л	680,0-930,0	1330-1490
15	Середньозважений розмір часток, мм	1,20-3,70	1,50-3,90

Подальше виробництво біологічно активних добрив базується на розділенні збродженої сировини на рідку та тверду

фракцію, остання в свою чергу залежно від виду базового матеріалу, яка характеризується різним хімічним складом (табл. 2, 3).

Таблиця 2

Хімічний склад твердої фракції біодобрива 20-25% СР, кг/т

Біодобриво (зброджена маса)	Хімічний склад				
	N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Свинячий гній	5,9-6,5	1,4-2,0	5,3-5,8	6,1-6,3	1,5-1,8



Продовження табл. 2

Коров'ячий гній	4,3-5,0	1,0-1,2	2,7-2,9	7,5-7,8	1,3-1,5
Пташиний послід	17-18	3,0-3,5	10-10,9	8,0-8,8	3,5-4,2
Трав'яний силос	3,5-3,8	0,5-0,9	1,25-1,3	4,0-4,5	0,5-0,6

Таблиця 3

Хімічний склад рідкої фракції біодобрива 5% СР кг/т

Сировина для біодобрив	Хімічний склад біодобрив кг/тонну					
	N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	інші
Свинячий гній	3,1-3,8	1,4-2	2,3-2,4	2,1-2,4	0,5-0,8	0,6-1
Коров'ячий гній	1,8-2,2	1,0-1,2	0,8-1,6	2,2-2,8	0,4-0,5	0,3-0,5
Пташиний послід	7,1-8,2	3,0-3,5	6,8-7,9	5,0-5,6	1,5-2,2	1,0-1,2
Трав'яний силос	2,2-2,8	0,9-1,5	1,9-2,3	2,0-2,5	0,5-0,7	0,4-0,8

На основі проведеного аналізу способів виробництва біологічно активних добрив, запропоновано технологію використання субстрату з біогазових комплексів у поєднанні з молотими мінералами для отримання органіко-мінеральних добрив з високим вмістом живильних речовин.

У якості мінеральних домішок пропонується використовувати ракушняк,

фосфорну руду та глауконіт. Мінерали можна додавати окремо або створювати складні суміші для приготування комплексних добрив із заданим складом живильних речовин спеціально для певної групи рослин.

На рис. 1. відображено модифіковану схему приготування органіко-мінеральних добрив на базі технології по виробництву біогазу.

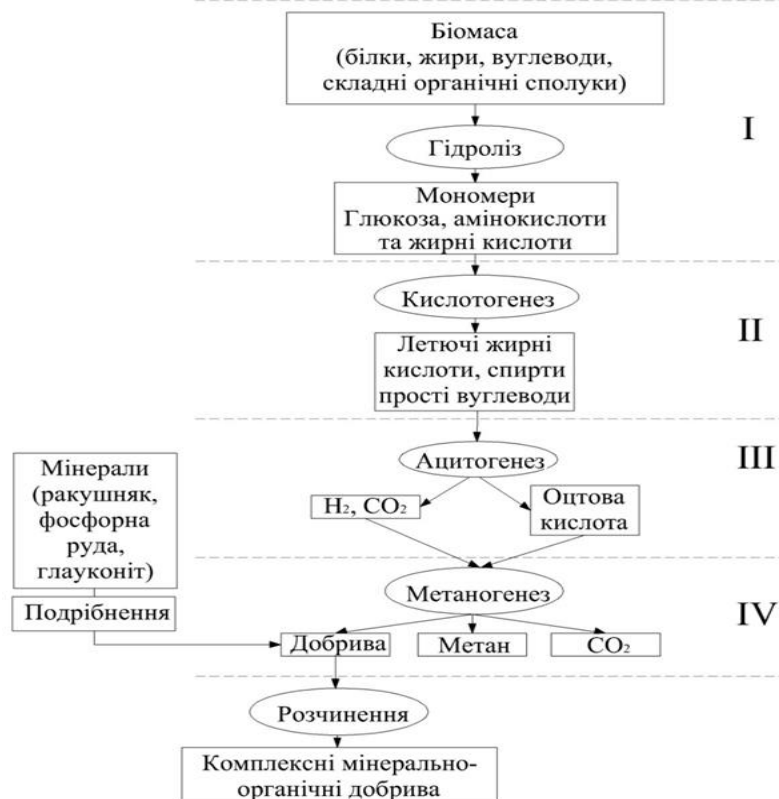


Рис. 1. Схема анаеробного метанового зародження:

I – гідроліз; II – кислотоутворення; III – утворення оцтової кислоти; IV – утворення метану та формування комплексних органіко-мінеральних добрив.

Одним з перспективних засобом інтенсифікації означеного виробництва та підвищення показників якості вихідної продукції є модифікація структури супутніх компонентів, що надає потенційні можливості до виробництва високоактивних мінерально-

органічних добрив. Також слід відзначити, що активовані при механічному руйнуванні поверхневі прошарки частинок інтенсивно взаємодіють з молекулами зовнішнього середовища – рідин і їх парів, піддаючись механодеструкції, їх фрагменти хімічно



зв'язуються з механічно активованою речовиною поверхневих шарів частинок і глибоко в них проникають [8].

Щодо підвищення хімічної активності твердих речовин в процесах надтонкого здрібнення матеріалу свого часу висловлювався ще Менделєєв. При вивченні механічної обробки також встановлено, що під впливом стискаючого навантаження по черзі реалізуються процеси подрібнення, агрегації та пластичної деформації. Причому саме на стадії пластичної деформації проявляється найбільша хімічна активність речовин [9].

З практичної точки зору очевидно, що для прискорення процесу активації необхідно реалізовувати високодинамічний стан обробки матеріалу, при якому максимально швидко буде реалізована пластична деформація частинок сировини. Тому одним з перспективних напрямків структурної модифікації сипкого матеріалу, зокрема мінерального походження, є застосування вібраційних технологій [10].

Основним недоліком існуючих вібраційних машин для тонкого помелу сипкої

сировини варто відзначити складну конструктивну реалізацію приводної системи руху камери помелу та значні питомі енерговитрати у процесі подрібнення крупнокускового матеріалу.

Тому доцільним є завдання розробки вібраційного млина, у якому за рахунок зміни конструкції приводного механізму та конфігурації помольної камери, досягається активний процес постадійного помелу крупнокускових матеріалів за умови зменшення питомих енерговитрат на його обробку.

Дане завдання вирішується шляхом створення вібраційного млина, у якому забезпечується асинхронний коливний рух роздільних секцій помольної камери у взаємоперпендикулярних площинах за рахунок введення в систему двох незалежних віброприводів.

Принципова схема розробленого вібраційного млина представлена на рис. 2. Принцип роботи розробленого вібраційного млина полягає в наступному.

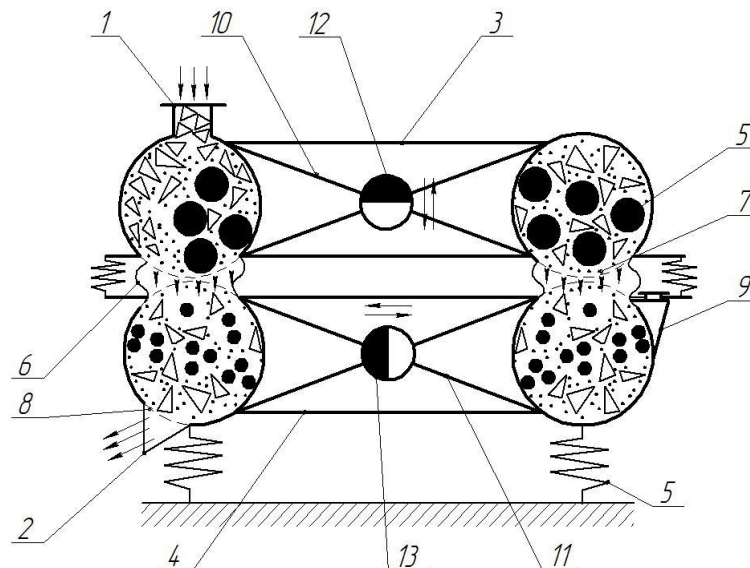


Рис. 2. Принципова схема вібраційного млина:

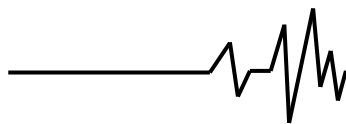
1, 2, 9 – патрубки; 3, 4 – торовидні секції; 5 – технологічний наповнювач; 6 – гнучкий перехідний обмежувач; 7, 8 – сита; 10, 11 – траверси; 12, 13 – вібробуджувачі.

При ввімкненні вібробуджувачів 12, 13 створюється комбінована силова та моментна нерівноваженість, яка в наслідок траверсного з'єднання 10, 11 зумовлює коливний рух торовидних секцій 3, 4 відносно вертикальної та горизонтальної площини. Оброблюваний матеріал безперервно надходить через завантажувальний патрубок 1 у торовидну секцію 3, де зазнавши часткового здрібнення внаслідок силового впливу технологічного наповнювача 5, через сито 7 і гнучкий перехідний обмежувач 6 потрапляє до торовидної секції 4, де й зазнає

остаточного тонкодисперсного помелу та через сито 8 і патрубков 2 вивантажується з млина.

Такий комплексний коливний рух виконавчих органів млина у двох взаємоперпендикулярних площинах дозволяє забезпечити постадійний помел крупнокускових матеріалів, підвищити силовий вплив технологічного наповнювача, і як, наслідок зменшити питомі енерговитрати на реалізацію означеного процесу.

Обговорення результатів. Для реалізації експериментальних досліджень



спочатку було проведено порівняльний аналіз хімічного складу добрив на основі посліду ВРХ та його субстрату з біогазової установки в процесі генерації біогазу (табл. 4 і 5).

Аналіз отриманих результатів засвідчив, що вміст фосфору, калію та кальцію

вищий у субстраті ніж у посліді. Тому у якості базової сировини для проведення подальших експериментальних досліджень було обрано саме субстрат.

Таблиця 4

Результати аналізу добрив з посліди ВРХ

№ з/п	Найменування показника	Результати випробувань
1	Масова частка вологи, %	90,91
2	Кислотність рН	8,9
		Вміст в абсолютно сухій речовині
3	Масова частка органічної речовини в перерахунку на вуглець, %	71,1
4	Масова частка золи, %	28,3
5	Співвідношення С:N	10,5
6	Масова частка аміачного азоту, %	1,93
7	Масова частка загального азоту, %	3,38
8	Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅), %	0,84
9	Масова частка загального калію (K ₂ O), %	5,69
10	Масова частка кальцію, %	2,21

Таблиця 5

Результати аналізів добрив з субстрату з біогазової установки

№ з/п	Найменування показника	Результати випробувань
1	Масова частка вологи, %	87,9
2	Показник концентрації водневих іонів, рН	8,48
		Вміст в абсолютно сухій речовині
3	Масова частка органічної речовини в перерахунку на вуглець %	33,4
4	Масова частка золи, %	33,2
5	Співвідношення С:N	14,3
6	Масова частка аміачного азоту %	1,044
7	Масова частка загального азоту %	2,33
8	Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅), %	2,05
9	Масова частка загального калію (K ₂ O), %	10,7
10	Масова частка кальцію (CaO), %	3,12

Методика експериментальних досліджень передбачала варіативну оцінку впливу ракушняку, фосфорної руди та глауконіту на кінцевий вміст поживних елементів у приготовленому добриві.

Для підтвердження ефективності теоретичних припущень було приготовлено 3

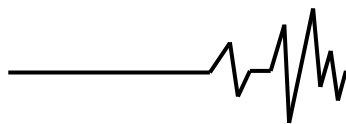
експериментальних зразки добрив з додаванням ракушняку, фосфорної руди та глауконіту. Питома поверхня вищезначених мінералів в результаті вібраційного помелу становила 5300 см³/г.

В результаті чого склад одержаних добрив набув наступних значень (табл. 6, 7, 8).

Таблиця 6

Результати аналізу біодобрива (1 л субстрату та 0,5 кг ракушняку)

% з/п	Найменування показника	Результати випробувань
1	Масова частка вологи, %	58,71
2	Кислотність рН	8,14
		Вміст в абсолютно сухій речовині
3	Масова частка органічної речовини в перерахунку на вуглець, %	23,3
4	Масова частка золи, %	53,4
5	Співвідношення С:N	61



Продовження табл. 6

6	Масова частка аміачного азоту, %	0,17
7	Масова частка загального азоту, %	0,38
8	Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅), %	0,78
9	Масова частка загального калію (K ₂ O), %	2,47
10	Масова частка кальцію (CaO), %	33,0

Таблиця 7

Результати аналізу біодобрива (1 л субстрату та 0,5 кг фосфору)

% п/п	Найменування показника	Результати випробувань
1	Масова частка вологи, %	57,9
2	Показник концентрації водневих іонів, рН	8,18
		Вміст в абсолютно сухій речовині
3	Масова частка органічної речовини в перерахунку на вуглець, %	19,6
4	Масова частка золи, %	60,9
5	Співвідношення С:N	52
6	Масова частка аміачного азоту, %	0,15
7	Масова частка загального азоту, %	0,38
8	Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅), %	3,33
9	Масова частка загального калію (K ₂ O), %	2,54
10	Масова частка кальцію (CaO), %	31,8

Таблиця 8

Результати аналізу біодобрива (1 л субстрату та 0,5 кг глауконіту)

% п/п	Найменування показника	Результати випробувань
1	Масова частка вологи, %	79,1
2	Кислотність рН	7,39
		Вміст в абсолютно сухій речовині
3	Масова частка органічної речовини в перерахунку на вуглець, %	32,6
4	Масова частка золи, %	34,9
5	Співвідношення С:N	15
6	Масова частка аміачного азоту, %	0,27
7	Масова частка загального азоту, %	2,19
8	Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅), %	1,84
9	Масова частка загального калію (K ₂ O), %	1,23
10	Масова частка кальцію (CaO), %	2,20

Аналіз одержаних результатів показує, що додавання молотого ракушняку збільшує вміст кальцію у 10,6 рази, але зменшує вміст калію у 4,3 рази, фосфору – у 2,6 рази, азоту – у 6,1 рази. Додавання фосфорної руди збільшує вміст кальцію у 10,2 рази, фосфору – у 1,6 рази, вміст калію зменшився у 4,2 рази, а вміст азоту – у 6,1 рази. При додаванні глауконіту до гною ВРХ збільшився вміст фосфору у 2,2 рази, вміст кальцію залишився без значних змін, вміст калію зменшився у 4,6 рази, вміст азоту – у 1,5 рази.

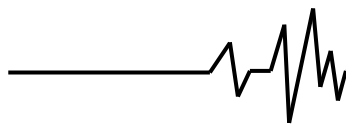
З результатів видно, додані мінерали розчиняються в органічній сировині і цим змінюють вміст живильних елементів. Отже, компонуєчи подрібнені мінерали та їх кількість є можливість створити комплексні добрива з

потрібним складом для певної групи рослин.

Висновки. Проаналізовано основні стадії виробництва біогазу та запропоновано технологію приготування органо-мінеральних добрив на онові субстрату гною ВРХ з біогазової установки та супутніх мінеральних домішків, таких як: ракушняк, фосфорна руда та глауконіт.

Розроблено принципову схему вібраційного млина для подрібнення сировини, що дозволяє здійснювати процес тонкого помелу крупнокускового матеріалу за умови зменшення питомих енерговитрат на його обробку.

В результаті варіативної оцінки впливу супутніх мінеральних домішків на кінцевий хімічний склад вихідного органо-мінерального



добрива було встановлено, що: молотий ракушняк збільшує вміст кальцію у 10,6 рази, зменшує вміст калію у 4,3 рази, фосфору – у 2,6 рази та азоту – у 6,1 рази; фосфорна руда збільшує вміст кальцію у 10,2 рази, фосфору – у 1,6 рази, зменшує у 4,2 рази, а вміст азоту – у 6,1 рази; глауконіт збільшує вміст фосфору у 2,2 рази, зменшує вміст калію у 4,6 рази та азоту – у 1,5 рази.

Список використаних джерел

1. Скляр, О. Г. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації / О. Г. Скляр, Р. В. Скляр // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. – Т. 3, вип. 13. – С. 110-117.

2. Щербак, Б. В. Отримання рідких органічних добрив методом ферментації гною великої рогатої худоби / Б. В. Щербак, О. В. Лобова, К. О. Лаукерт // Збірний науковий праць SWORLD. – 2014. – Т. 34, №1. – С. 89-93.

3. Калетнік, Г. М. Біопалива. Ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навчальний посібник / Г. М. Калетнік, В. М. Пришляк // Вінниця, 2008. – 192 с. (Гриф МАП України, лист №18-28-13/1539 від 03.10.08).

4. Калетнік, Г. М. Хімія і технологія біологічних видів палива : навчальний посібник / Г. М. Калетнік, С. Т. Олійничук, М. П. Ковалко // Вінниця, 2008. – 192 с (гриф МОН України, лист від 09.08.10 р. № 1/11 -7546).

5. Вихід біогазу з різних видів субстратів [Електронний ресурс] Biteco. Режим доступу: <http://www.biteco-energy.com/vyhod-biogaza-iz-razlichnogo-syrya-2/>.

6. Сокрут, О. В. Використання різних компонентів органічної сировини для біогазових установок / О. В. Сокрут, С. Є. Чернявський // Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. – 2014. – № 6. – С. 146-150.

7. Чучуй, В. П. Альтернативні джерела енергії / В. П. Чучуй, С. М. Уминський, С. В. Інютін. – Одеса : ТЕС, 2015. – 398 с.

8. Shakhtshneider, T.P. Mechanochemical synthesis and mechanical activation of drugs / T. P. Shakhtshneider, V. V. Boldyrev // *Reactivity of Molecular Solids* ed. by E. Boldyreva, V. Boldyrev, N.Y. : JohnWiley&Sons, LTD. – 1999. – P. 271-311.

9. Schröder, R. Mechanochemie und ihre technische Anwendung / R. Schröder // *Technik*. – 1969. – № 2. – P. 88-96.

10. Вареных, Н. М. Химико-технологические агрегаты механической обработки дисперсных материалов / Н. М. Вареных, А. Н. Веригин, В. Г. Джангирян, А.Г. Ишутин // Санкт-Петербургский

Университет, 2002. – 482 с.

Список джерел у транслітерації

1. Skliar, J. H., & Skliar R. V. (2013). *Vlastyvoli biodobryv, shcho onrymuiutsia pislia anaerobnoi fermentatsii* [The analysis of bio-fertilizer, produced by anaerobic fermentation of the manure]. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho yuniversytetu – Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University, Vol.3 (issue 13), 110-117* [in Ukrainian].

2. Shcherbak, B. V., Lobova, O. V., & Laukert, K. O. (2014). *Otrymannia ridkykh orhanichnykh dobyv metodom fermentatsii hnoiu velikyoi rohatoi khudoby* [Getting liquid organic fertilizers by methane fermentation of cattle]. *Zbirnik naukovykh prats SWORLD – Collected scientific works SWORLD, Vol. 34, (1), 89-93* [in Ukrainian].

3. Kaletnik, H. M., & Pryshliak, V. M. (2008). *Biopalyva. Efektyvnist yikh vyrobnytstva ta spozhyvannia v APK Ukrainy* [Biofuels Efficiency of their production and consumption in the agroindustrial complex of Ukraine]. *Vinnitsia* [in Ukrainian].

4. Kaletnik, H. M., Oliinichuk, S. T., & Kovalko, M. P. (2010) *Khimiia i tekhnolohiia biolohichnykh vydiv palyva* [Chemistry and technology of biological fuels] [in Ukrainian].

5. *Vykhid biohazu z riznykh vydiv substrativ* [Exit of biogas from different types of substrates]. (n.d.). *biteco-energy.com*. Retrieved from <http://www.biteco-energy.com/vyhod-biogaza-iz-razlichnogo-syrya-2/>.

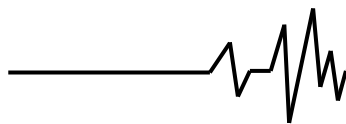
6. Sokrut, O. V., & Cherniavskiy, S. Ye. (2014) *Vykorystannia riznykh komponentiv orhanichnoi syrovyny dlia biohazovykh ustanovok* [Use of various components of organic raw materials for biogas installations]. *Biuleten Instytutu silskoho gospodarstva stepovoi zony – Bulletin of the Institute of Agriculture of the steppe zone, 6, 146-150* [in Ukrainian].

7. Chuchui, V. P., Umyskiy, S. M., & Iniutin, S. V. (2015). *Alternatyvni dzhherela enerhii* [Alternative Energy Sources]. *Odesa: TES* [in Ukrainian].

8. Shakhtshneider, T.P. Mechanochemical synthesis and mechanical activation of drugs [Text] / T.P. Shakhtshneider, V.V. Boldyrev // *Reactivity of Molecular Solids* ed. by E. Boldyreva, V. Boldyrev, N.Y. : JohnWiley&Sons, LTD. – 1999. – P. 271–311.

9. Schröder, R. Mechanochemie und ihre technische Anwendung [Text] / R. Schröder // *Technik*. – 1969. – № 2. – P. 88–96.

10. Varenykh, N. M., Verihin, A. N., Dzhahirian, V. H., & Ishutin, A. H. (2002). *Khimiko-tekhnolohicheskiie ahrehaty mekhanicheskoi obrabotki dispersnykh materialov*



[Chemico-technological units for the machining of dispersed materials]. Sankt-Peterburhskii universitet [in Russian].

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Целью статьи есть совершенствование технологической линии производства органико-минеральных удобрений путем разработки нового оборудования вибрационного воздействия для реализации процесса тонкого помола сыпучей сырья.

В результате проведенных исследований обоснованы технологические основы производства высокоактивных органико-минеральных удобрений. Установлено, что одним из перспективных средств интенсификации указанного производства и повышение показателей качества исходной продукции является применение вибрационных мельниц, которые позволяют осуществлять модификацию структуры минерального сырья в процессе ее обработки.

Разработан ряд принципиальных схем для реализации постадийного измельчения крупнокусковых материалов при условии уменьшения удельных энергозатрат на производство высокодисперсных материалов.

Проанализированы основные стадии производства биогаза и предложена технология приготовления органоминеральных удобрений на основе жидкого субстрата с биогазовой установки и сопутствующих минеральных примесей, таких как: ракушечник, фосфорная руда и глауконит.

Разработано принципиально новую схему вибрационной мельницы для измельчения сыпучего сырья которая позволяет осуществлять процесс тонкого помола крупнокусковых материалов при условии уменьшения удельных энергозатрат на его обработку.

В результате вариативной оценки влияния сопутствующих минеральных добавок на конечный химический состав исходного органико-минерального удобрения было установлено, что: молотый ракушечник увеличивает содержание кальция в 10,6 раза, уменьшает содержание калия в 4,3 раза, фосфора – в 2,6 раза и азота – в 6,1 раза; фосфорная руда увеличивает содержание кальция в 10,2 раза, фосфора – в 1,6 раза, уменьшает в 4,2 раза, а содержание азота – в

6,1 раза; глауконит увеличивает содержание фосфора в 2,2 раза, уменьшает содержание калия в 4,6 раза и азота – в 1,5 раза.

Ключевые слова: производство биогаза, субстрат, минеральные примеси, вибрационный помол, органоминеральное удобрение, химический состав.

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF VIBRATING MILL FOR MANUFACTURE OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS

Improvement of technological line of production of organic-mineral fertilizers by developing new equipment of vibration action for the realization of the process of fine grinding of bulk raw materials.

The technological principles of production of highly active organo-mineral fertilizers are substantiated. It is established that one of the promising means of intensifying this production and increasing the quality indices of the output products is the use of vibrating mills that allow modification of the structure of mineral raw materials in the course of its processing.

A number of principal schemes have been developed for the implementation of the progressive grinding of coarse-grained materials provided that the specific energy consumption is reduced for the production of highly dispersed materials. Experimental studies of influence on the final chemical composition of organo-mineral fertilizers prepared.

The main stages of biogas production are analyzed and the technology of preparation of organo-mineral fertilizers based on a liquid substrate from a biogas plant and related mineral impurities such as raccoon, phosphorus ore and glauconite is proposed.

A fundamentally new scheme of a vibrating mill for crushing bulk raw materials, which allows to carry out the process of fine grinding of large piece material, provided that the specific energy consumption is reduced for its processing.

As a result of the variational estimation of the influence of the accompanying mineral impurities on the final chemical composition of the initial organomineral fertilizer it was established that: the molten shellfish increases the calcium content by 10,6 times, reduces potassium content by 4.3 times, phosphorus – by 2.6 times, and nitrogen – in 6,1 times; phosphorus ore increases the calcium content by 10.2 times, phosphorus – by 1.6 times, decreases by 4.2 times, and nitrogen content – by 6.1 times; glauconite increases the content of phosphorus 2.2 times, reduces potassium



content by 4.6 times and nitrogen – by 1.5 times.

Keywords: Production of biogas, substrate,

mineral impurities, vibrating grind, organo-mineral

fertilizers, chemical composition.

Відомості про авторів

Ткаченко Станіслав Йосипович – доктор технічних наук, професор кафедри «Харчових технологій та мікробіології» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: stahit6937@gmail.com).

Янович Віталій Петрович – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Процесів та обладнання переробних і харчових виробництв імені професора П.С. Берника» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: yanovichvitaliy@i.ua).

Любін Микола Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Процесів та обладнання переробних і харчових виробництв імені професора П.С. Берника» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: lubin@vsau.vin.ua).

Сосновська Людмила Василівна – асистент кафедри «Процесів та обладнання переробних і харчових виробництв імені професора П.С. Берника» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: lyudka_dushkant@ukr.net).

Ткаченко Станіслав Іосифович – доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевых технологий и микробиологии» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: stahit6937@gmail.com).

Янович Виталий Петрович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств имени профессора П.С. Берника» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: yanovichvitaliy@i.ua).

Любин Николай Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств имени профессора П.С. Берника» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: lubin@vsau.vin.ua).

Сосновская Людмила Васильевна – ассистент кафедры «Процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств имени профессора П.С. Берника» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: lyudka_dushkant@ukr.net).

Stanislav Tkachenko – Doctor of Technical Sciences, Full Professor of the Department of Food Technologies and Microbiology Vinnytsia National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: stahit6937@gmail.com).

Vitalii Yanovych – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Processes and equipment of processing and food industries named after professor P.S. Bernik of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: yanovichvitaliy@i.ua).

Lyubin Mykola – PhD, Associate Professor of the Department of Processes and Equipment for Processing and Food Productions named after Prof. P.S. Bernik of the Vinnytsia National Agrarian University (3 Solnechnaya St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, e-mail: lubin@vsau.vin.ua).

Ludmila Sosnovskaya – Assistant of the Department of Processes and equipment of processing and food industries named after professor P.S. Bernik of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: lyudka_dushkant@ukr.net).