ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/327060362

БІОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

Book · January 2015

CITATIONS
0

READS
1,265

5 authors, including:

Larissa Voitenko
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

27 PUBLICATIONS **36** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Integrated assessment of water quality for different water supplies (human consumption, animal watering, irrigation, fisheries and aquaculture) View project

New nitrogen-containing phosphates of coordination structure View project

All content following this page was uploaded by Larissa Voitenko on 16 August 2018.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

СЛОБОДЯНИК М.С., ЧЕБОТЬКО К.О.,
ВОЙТЕНКО Л.В., КОПІЛЕВИЧ В.А.,
ЖИРНОВ В.В., КОСМАТИЙ В.В.

БІОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ:
ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

Ніжин-Київ
2015

УДК 628.477 : 658.567.1
ББК 30.16
С 48

Рецензенти:
завідувач відділу тонкого органічного синтезу
Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України,
академік НАН України, професор, д.х.н. **Кухар В.П.,**

професор кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики НУБіП України, д.б.н., член-кореспондент НАН України **Григорюк І.П.**,

професор кафедри неоекології Державної екологічної академії післядипломної освіти і управління Мінприроди України, д.с.-г.н. **Кавецький В.М.**

Рекомендовано вченою радою НУБіП України
(протокол № 10 від 27 травня 2015 р.).

Відповідальний за випуск: професор, д.х.н. Копілевич В.А.
За авторським редагуванням

Слободяник М.С.
С 48 Біоконверсія органічних відходів: теорія і практика // М. С. Слободяник, К. О. Чеботько, Л. В. Войтенко, В. А. Копілевич, В. В. Жирнов, В. Є. Косматий. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2015. – 208 с.: іл.
ISBN 978-617-640-230-5

Масштаби утворення відходів виробництва та споживання дозволяють сьогодні говорити про «вторинну геологію» – науку про антропогенні ресурсовмісні відходи, як одне з напрямків рішення проблем ресурсозберігання.

У монографії розглянуто теоретичні та практичні аспекти екологічно безпечних технологій переробки органічних відходів, що базуються та їх аеробній та анаеробній мікробіологічній трансформації. Розглянуто також технології одержання теплової енергії та паливних елементів з органічних відходів різного походження. Наведено приклади технологічних схем з організацією матеріальних потоків біокомпостування органічних відходів тваринництва на прикладі пілотної установки, що функціонує в НУБіП України.

Для науковців, виробничників, аспірантів, студентів, інженерів-технологів у галузі біотехнології, екології, захисту навколишнього середовища та переробки вторинних відходів.

Табл. 24, Іл. 24, Бібліогр.: 142 найм., Додатків 2.

УДК 628.477 : 658.567.1
ББК 30.16

© М. С. Слободяник, К. О. Чеботько, Л. В. Войтенко, В. А. Копілевич, В. В. Жирнов, В. Є. Косматий, 2015
© Видавець ПП Лисенко М.М., 2015

ISBN 978-617-640-230-5

ЗМІСТ

ВСТУП **5**
РОЗДІЛ 1 ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ ЯК СКЛАДОВА БІОСФЕРНОГО ЦИКЛУ МАТЕРІЇ ТА ЕНЕРГІЇ **8**
РОЗДІЛ 2 МІКРОБІОЛОГІЧНА БІОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ **14**
2.1 Виробництво кормового білка 14
2.2 Технологічні особливості мікробіологічної конверсії у кормовий білок 30
РОЗДІЛ 3 БІОЕНЕРГЕТИЧНИЙ НАПРЯМОК УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ **35**
3.1 Принципові можливості 35
3.2 Брикетування 43
3.3 Одержання синтез-газу 44
3.4 Виробництво водню 48
3.5 Пряма біоконверсія у теплову енергію 50
3.6 Виробництво біодизелю 53
3.7 Виробництво біоетанолу 56
3.8 Виробництво біогазу 63
РОЗДІЛ 4 ВЕРМИКУЛЬТИВУВАННЯ ТА ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ **71**
4.1 Суть методу 71
4.2 Особливості культивування дощових черв'яків 72
4.3 Оптимальні умови життєдіяльності вермикультури 73
4.4 Види, придатні для вермикультивування та вермикомпостування 74
4.5 Властивості продуктів та застосування вермикультивування та вермикомпостування 78
4.6 Знезараження осадів стічних вод за допомогою вермикультури 83
4.7 Технологічні засади вермикомпостування та вермикультивування 89
4.8 Оцінювання економічної ефективності виробництва та застосування біогумусу, виробленого методом вермикультивування 91
РОЗДІЛ 5 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ БІОКОНВЕРСІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ **102**
5.1 Переробка посліду птиці 102
5.2 Знезаражування інфікованого посліду та стічних вод 111
5.3 Анаеробна переробка гною ВРХ 116
5.4 Прискорений варіант переробки органічних відходів при використанні термофільної закваски 129

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЖИВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ПРИ БІОЛОГІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ 135
ЗАКЛЮЧЕННЯ 143
ДОДАТКИ 144
ДОДАТОК 1 Терміни та визначення 144
ДОДАТОК 2 Технологічні та нормативні засади використання стічних вод тваринництва та птахівництва для зрошування сільськогосподарських земель 155

ВСТУП

Відходи – це сировина не на своєму місці.
Д.І.Менделєєв

Відходи виробництва та споживання слід розглядати не тільки як причину забруднення навколишнього середовища та негативного впливу на людину, але і як джерело вторинних матеріальних та енергетичних ресурсів. Масштаби утворення відходів виробництва та споживання дозволяють стверджувати про появу так званої «вторинної геології» - науки про антропогенні ресурси, які є джерелом ресурсів, як одного із напрямів вирішення проблеми звуження сировинної бази промислового чи сільськогосподарського виробництва. Автори [1] констатують факт прогресуючого накопичення відходів в Україні, загальний обсяг яких оцінено у 35 млрд т. Охоплені обліком та статистичною звітністю 56 видів відходів як вторинної сировини (форма 14-мтп) склали тільки в 2006 р. 288,7 млн т. Це дійсно геологічні масштаби, які можна вважати однорозмірними з матеріальними потоками у природних біоценозах.

Ефективність використання ресурсів – один із найважливіших показників розвитку економіки. Відомо, що всього кілька відсотків сировини (від 4 до 7%) після добування та ряду операцій переробки доходить до споживача у вигляді готової продукції. Одним із найменш продуктивних галузей є сільськогосподарське виробництво, його коефіцієнт корисної дії оцінюється в 3-6%. У рослинництві цільова біомаса продукції складає 20-30% виробленої. Із цих 30% більше двох третин використовується на корм тваринам, причому організм їх засвоює лише 10-15% маси корму, з них біля чверті витрачається на забезпечення енергетичних потреб, а решта переходить у екскременти. В цілому, у тваринництві та птахівництві на 1 кг товарної продукції виробляється 10-12 кг продуктів життєдіяльності тварин та птиці, не враховуючи технологічних відходів [2]. Колосальних масштабів набули звалища побутових відходів. Констатується факт щорічного збільшення площ, що відводяться під смітники [1, 3] та маси складованих на них відходів.

Поводження з відходами в Україні регулюють цілий ряд нормативно-правових документів, серед яких більше десяти законів, сотні нормативних актів на рівні Кабінету міністрів і регулятивних документів інших відомств. Основним нормативно-правовим актом є Закон України «Про відходи» [4]. В основному він забезпечує базовий рівень правового регулювання проблем поводження з відходами. Закон постійно удосконалюють, зокрема, останні зміни були внесені у

2010 та 2012 р. (Закони України № 1825-VI від 21.01.2010, № 4731-VI від 17.05.2012). Вони стосуються уточнення визначення поняття «відходи», тлумачення деяких інших термінів, посилення відповідальності у сфері поводження з відходами, а також врегулювання діяльності щодо використаної тари і упаковки згідно з європейською директивою «Про тару і упаковку»; ввезення в Україну відходів з метою їх зберігання і захоронення, що викликало різку реакцію суспільства; поводження з побутовими відходами (ст. 5-1), відходами тваринного походження (ст. 31-2) та ін.

Численні дані свідчать, що держава через відповідні органи управління та контролю постійно опікується проблемою поводження відходами, приймаючи масу нормативних актів та інших документів [5-8], у тому числі й таких, які погоджено з країнами ЄС [9]. Особливістю її формування і становлення є непослідовність цих процесів. Окремі підсистеми та елементи мають різні ступені розвиненості та практичної реалізації. Ще й досі чимало економічних інструментів існують лише на рівні законодавчих положень, залишаються нереалізованими та не впровадженими в практику господарювання. Деякі із пропонованих нововведень [10] можуть лише викликати прямий спротив українців, як пропозиція змусити внести до комунальних платежів додаткову суму за перероблення відходів, яка, за деякими оцінками, буде складати до 30 грн/міс. з одного помешкання.

На нашу думку, основна причина у відсутності якісних змін у вирішенні проблем утилізації відходів в Україні полягає у тому, що основним інструментом її вирішення до сьогодні вважаються адміністративні методи, а не економічні.

Як самий яскравий приклад такого підходу можна навести той факт, що сміттєспалювальний завод «Енергія» у Києві потужністю 250 тис. т/рік часто простоює внаслідок відсутності сміття. Абсурдність ситуації пояснюється просто: компаніям, що займаються утилізацією сміття, дешевше коштує складувати тверді побутові відходи (ТПВ) на полігоні, ніж оплатити його утилізацію спалюванням: тариф сміттєспалювального заводу складає 87 грн за тону сміття з жовтня 2014 р., проти 50 грн – на полігонах, часто нелегальних [11].

Список використаних джерел

1. Виговська Г. П. Поводження з відходами в Україні: підсумки і перспективи / Г. П. Виговська, В. С. Міщенко. – Сотрудничество для

решения проблем отходов: Матер. V Междунар. конф. (2-3 апреля 2008 г., г. Харьков, Украина). – Харьков: ЭкоИнформ, 2008. – С. 17-20.
2. Организация сельскохозяйственного производства / Под ред. Ф. К. Шакирова. – М.: Колос, 2000. – 258 с.
3. Управління відходами: вітчизняний та закордонний досвід: посібник / За ред. О. І. Бондаря. – К.: Айва Плюс Лтд, 2008. – 196 с.
4. Про відходи : закон України № 187/98-ВР від 03.05.1998 // Офіційний вісник України. – 1998. – № 13. – 483 с.
5. Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року : Закон України від 21.12.2010 № 2818-VI [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2818-17.
6. Про стан виконання законодавства у сфері поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення : Постанова Верховної Ради України від 06.10.05 №2967-IV [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2967-IV.
7. Про затвердження Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011-2015 роки : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.05.2011 №577-р [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/577-2011.
8. Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року : Постанова Кабінету Міністрів України від 07.09.2011 № 942 [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/942-2011-%D0%BF.
9. Рамкова Угода між Урядом України та Комісією Європейських Співтовариств (ратифікована Законом України від 03.09.2008 № 360-VI) та Угода між Україною та ЄС про фінансування програми «Підтримка реалізації Стратегії національної екологічної політики України на період до 2020 року» [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_763.
10. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення механізму правового регулювання та посилення відповідальності у сфері поводження з відходами : Закон України від 02.10.2012 № № 5402-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5402-17.
11. Тарчинський В. Чи вигідний сміттєвий бізнес в Києві [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://blogs.lb.ua/volodymyr_tarchynskiy/294377_chi_vigidniy_smittieviy_biznes_kiievi.html.

РОЗДІЛ 1 ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ ЯК СКЛАДОВА БІОСФЕРНОГО ЦИКЛУ МАТЕРІЇ ТА ЕНЕРГІЇ

Розрахунки енергетичних потоків у біосфері Землі базуються на наступному факті – Земля одержує енергію у вигляді сонячного випромінювання у оптичному а ультрафіолетовому діапазоні та повертає її в космос у вигляді теплового випромінювання в інфрачервоному діапазоні. Вся життєдіяльність на Землі у вигляді трансформації матеріальних потоків базується на переробці «високоякісної» (точніше високочастотної) енергії Сонця у «низькоякісну» (низькочастотну) теплову енергію, і виділення тепла у космос є кінцевим результатом будь-якого процесу на Землі незалежно від його сутності. Переробка енергії Сонця в біосфері має свою ієрархію – спочатку енергію Сонця засвоюють рослини, потім – тварини, а потім – бактерії та грибки.

Останнім етапом переробки сонячної енергії у біосфері є гниття, тобто розклад продуктів життєдіяльності інших етапів до вихідного будівельного матеріалу, тому на останньому етапі саме гнилісні бактерії відіграють найважливішу роль. Саме так слід розуміти фразу біологів про те, що 90 % рослинної органіки у природних екосистемах споживають бактерії. Це абсолютно очевидно, адже будь-який живий організм – рослина, тварина чи людина – після закінчення життєвого циклу надходить у розпорядження цих бактерій, так же, як і відходи життєдіяльності їх протягом життя. Більше того, це потрібно природі для замикання кругообігу речовини та енергії – нові живі організми будують себе з тих же елементів, які були використані попередніми поколіннями. Саме з цієї причини в природних біоценозах не накопичуються відходи.

Таким чином, повернення у ґрунт необхідних для росту рослин хімічних елементів – абсолютно необхідний момент у природі, що здійснюється бактеріями. Саме цим зумовлено їхня значна частка у загальному енергетичному потоці у природі. Однак конкретний розмір енергопотоку визначається не тільки поверненням хімічних речовин у ґрунт, але й ієрархією екосистеми, тобто харчовою пірамідою. Відмерла рослина може зразу ж згнити, віддавши весь накопичений запас сонячної енергії бактеріям, а може й послужити кормом для тварини. І хоча тварина також розкладеться після загибелі, вона встигне витратити за свій життєвий цикл частину сонячної енергії, накопиченої рослиною. При цьому, зрозуміло, повернення потрібних рослинам синтезованих речовин у ґрунт також забезпечується – через гній чи екскременти. Бактеріям залишається переробити ці органічні відходи – вже наполовину перероблену

біомасу. В принципі можливо всю рослинну біомасу використовувати на корм тваринам, якщо при цьому забезпечувати повернення у ґрунти продуктів травлення тварин – гною та екскрементів. При цьому необхідний для росту рослин баланс буде зберігатися, тільки бактеріям припадатиме менша частка із загального енергетичного потоку в біосфері. Очевидно, що така система залишатиметься стійкою, якщо будуть збережені всі інші взаємозв'язки. Тому прогнози деяких прибічників мальтузіанського підходу до обмеженості ресурсів планети не мають наукових підстав. У будь-якому випадку «природний стан» енергетичних потоків у земній біосфері не є абсолютно недоторканим. Він повинен бути результатом науково обґрунтованого використання ресурсів, але не обов'язково тільки таким, як у дикій природі.

Заклики ідеалістів про повернення до природи, до органічного землеробства все ж таки більше данина моді та політиці, чим реальна альтернатива сучасній цивілізації. Тим більше, що і в сучасній природі існують різні екосистеми з різним балансом, який визначається як кліматичною зоною, так і еволюційною передісторією регіону. Причин, які б заважали відновлювати родючість ґрунтів, немає. Для цього достатньо повертати землі ті речовини, що забираються у неї з продукцією рослинництва і тваринництва. І в цьому сенсі біоконверсія органічних відходів, що виробляються людством, дозволяє вирішити цивілізаційну проблему голоду.

Ідеальна модель збалансованості матеріальних та енергетичних потоків у замкненій біосфері втілена у оригінальних сувенірах – запаяних скляних ємкостях, куди поміщені гілки бурої водорості, креветки, камінці та певні штами мікроорганізмів (рис. 1.1).

Рисунок 1.1 – Біосфера як подарунок

Цей сувенір придумали науковці Лабораторії реактивного руху Джо Хенсон та Клер Фолсом [2]. Це – продукт їхніх досліджень щодо

створення замкнених екосистем для тривалих космічних польотів, в яких потрібно було підтримувати баланс всіх речовин, бо зовні у корабель могла надходити тільки енергія. Так була знайдена ця цікава автономна комбінація. Гарантійний термін життя такого сувеніру складає 3-5 років, обмежувальний фактор – тривалість життя креветок. Але кілька перших зразків функціонують більше 18 років, хоча креветки вже померли, але існують мікроорганізми та водорості. Весь догляд за ними полягає у тому, що екосферу слід тримати рівно 12 год. на добу в розсіяному світлі. У випадку покривання сфери зсередини мікробним нальотом треба піднести до неї зовні магнітик. Шматочок магнітного матеріалу запаяний у сфері, і ним зсередини можна прочистити поверхню, що втратила прозорість через наліт – надлишкову мікробну масу.

Звичайно, масштаби матеріальних та енергетичних потоків біосфери Землі не порівняти з іграшковими. Проте мета біоконверсії органічних відходів – користуючись механізмами, створеними природою, розробити таку рукотворну систему, в якій відходи стали б проміжною ланкою замкненої системи, в якій незворотні втрати, як і природних біогеохімічних циклах, складали не більше 5…7 % [1].

За здатністю до конверсії відходи підрозділяються на такі види:

1. *Ті, що піддаються біодеградації* - здатні розкладатися під дією мікроорганізмів до вуглекислоти, води і біомаси. До них відносяться сільськогосподарські відходи, ОСВ, харчові, садово-паркові відходи, папір, деревина, деякі види текстилю. Наприклад, вони становлять у середньому 60-80% від маси ТПВ;

2. *Відходи, що піддаються хімічної деструкції* – чорні й кольорові метали, пластмаси.

3. *Баластні* – камені, скло, будівельні матеріали.

Фракцію відходів, які піддаються біодеградації, залежно від швидкості й повноти розкладання, поділяють на три основні групи, а саме такі, що:

1. Швидко розкладаються – харчові відходи, відходи тваринництва, рослинництва;
2. Розкладаються із середньою швидкістю – целофан, принтерний, лощений, офісний і журнальний папір, паперовий посуд, садово-паркові відходи;
3. Розкладаються повільно – гофрований картон, газети, деревина.

Лабораторні дослідження є загальноприйнятим методом визначення можливості біодеградації хімічних сполук. Методи випробувань розроблено і стандартизовано Американським товариством з випробування матеріалів (ASTM) (наприклад, [3, 4]),

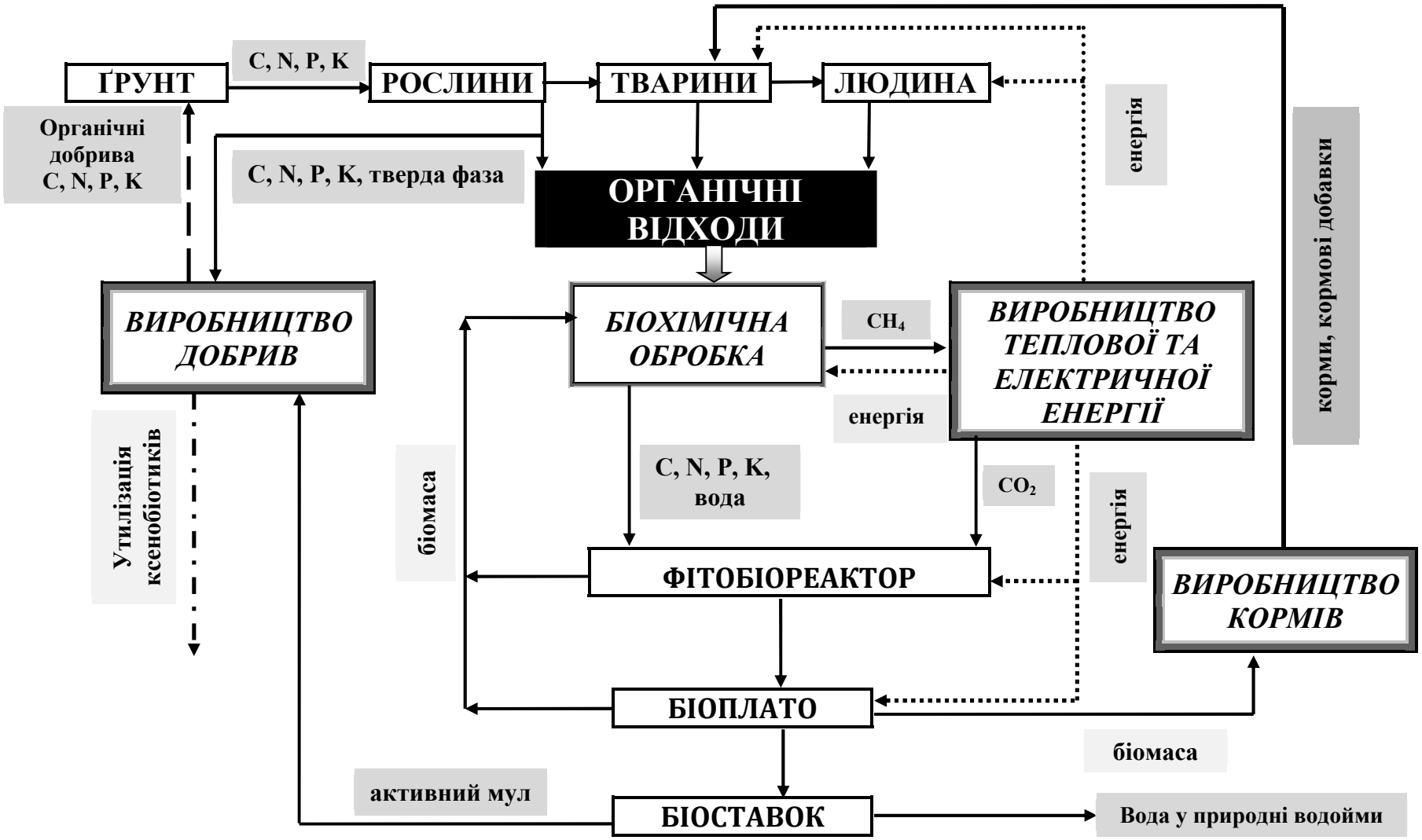


Рисунок 1.2 – Принципова схема матеріальних та енергетичних потоків біоконверсії органічних відходів

Організацією з економічної кооперації і розвитку (OECD) [5] та Європейською організацією стандартів (SEN). Принцип тестування для визначення можливості біоконверсії органічних молекул показано на рис. 1.3. Біодеградація оцінюється виміром кількостей виділеного метану або вуглекислого газу. Відсоток матеріалу, що біодеградував, обчислюється як відсоток вмісту вуглецю у вихідному зразку, який перетворився на газоподібну сполуку. Якщо результати, отримані із досліджуваним зразком та із зразком порівняння, схожі, то матеріал проявляє здатність до біодеградації.

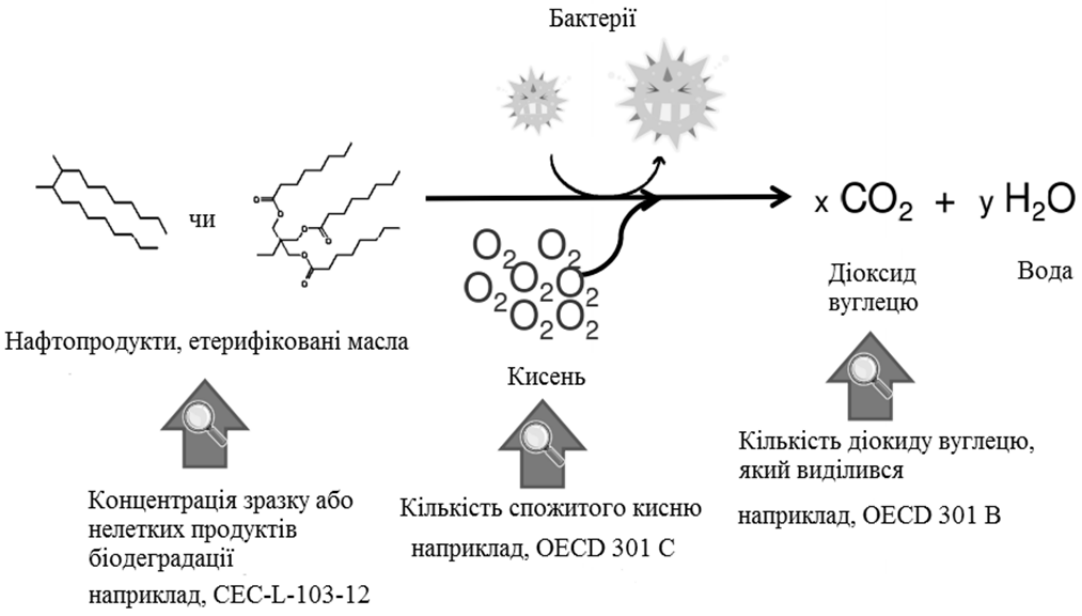


Рисунок 1.3 – Принцип вимірювання придатності матеріалу до процес біодеградації

Список використаних джерел

1.Управління відходами: вітчизняний та закордонний досвід: Посібник / За ред. О. І. Бондаря. – К.: Айва Плюс Лтд, 2008. – 196 с.
2. Folsome C. E. The emergence of materially closed system ecology / C. E. Folsome, J. A. Hanson. In: Polunin N. (Ed.). – Ecosystem Theory and Application. New York : Wiley, 1986. – P. 269-288.
3. ASTM D5526-12, Standard Test Method for Determining Anaerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Accelerated Landfill Conditions, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012, www.astm.org.
4. An Experimental Setup for Simultaneous Physical, Geotechnical, and Biochemical Characterization of Municipal Solid Waste Undergoing Biodegradation in the Laboratory / Fei Xunchang, Zekkos Dimitrios, and Raskin Lutgarde // Geotechnical Testing Journal, 2014. – Vol. 37, Issue 1. – P. 1-12.
4. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 3 Degradation and Accumulation [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.oecd-

ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-3-degradation-and-accumulation_2074577x.
5. Knowledge Based Bio-based Products' Pre-Standardization Work package 6 Biodegradability Deliverable N° 6.1: Report on current relevant biodegradation and ecotoxicity standards Public Version: Final Ghent, 2013-02-20 prepared by: B. De Wilde, N. Mortier & S. Verstichel D. Briassoulis, M. Babou, A. Mistriotis & M. Hiskakis. [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.biobasedeconomy.eu/media/downloads/2013/01/130226%20KBBPPS%20Deliverable%206_1.pdf.

РОЗДІЛ 2 МІКРОБІОЛОГІЧНА БІОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Мікробіологічні методи переробки органічних відходів - найбільш розповсюджені у всьому світі. Екобіотехнології, які базуються на здатності мікроорганізмів та їх ферментів розкладати або трансформувати природні біополімери, застосовують для переробки рідких відходів, що містять вуглець, білок, жири, утилізації рослинної біомаси, ТПВ, надлишкового активного мулу тощо.

До багатотоннажних промислових мікробіологічних процесів біоконверсії органічних відходів відносять:

- Одержання кормових продуктів, збагачених мікробним білком, або у загальному випадку – білком одноклітинних організмів (БОО);
- Силосування;
- Компостування;
- Анаеробне зброджування;
- Біоконверсія у паливо, що включає одержання етанолу, водню, біогазу шляхом генерації метану або прямої конверсії у тепло.

Можливі варіанти переробки рослинної сировини та відходів, що містять целюлозу, представлено на рис. 2.1 [1].

Мікробіологічні трансформації мають переваги перед хімічними чи фізичними процесами внаслідок того, що одночасно здійснюється сукупність біохімічних реакцій у природних умовах. Крім того, мікроорганізми здатні модифікувати субстрат та використати невикористані елементи середовища. В результаті широкого спектру субстратної специфічності їхніх ферментів мікроорганізми мають переваги перед макроорганізмами та штучними способами переробки органічних субстратів.

2.1 Виробництво кормового білка

За даними ВАСГНІЛ, із 12 % білку пшениці та 10 % білку ячменю організм тварин засвоює лише біля 6 %, а з 23 % білку гороху – 10 % [2]. Пояснюється це незбалансованістю білків за вмістом окремих амінокислот. Тому в рослинні корма потрібно вносити високобілкові добавки: рибне та м’ясо-кісткове борошно, сухі молочні продукти, шроти, макуху, люцерну, конюшину, сою. Добуваючи та концентруючи білок з рослинних решток, одержують ще більш високопоживний корм. Світові ціни на кормові препарати встановлюють якраз за вмістом протеїну – в середньому $8 за 1 % протеїну в 1 т корму [1].

Кормові дріжджі – суха концентрована біомаса дріжджових клітин, спеціально вирощена на корм сільськогосподарським

тваринам, птиці, хутровим звірам, рибі. Мікробний протеїн, який синтезується дріжджами, за засвоюваністю та вмістом амінокислот переважає протеїн тваринного походження, збільшує біологічну цінність білків інших видів корму. Вважають, що кормовий дріжджовий білок засвоюється організмами тварин на 95%. Сірка та її сполуки, що входять до складу БОО, приймають участь у біологічних процесах біосинтезу амінокислот. Ферментні системи дріжджів каталізують процеси засвоєння амінокислот та синтезу білку. Фосфор та кальцій у їхньому складі сприяють формуванню кістяку. Цінним компонентом є також вітаміни, особливо групи В, які регулюють метаболізм жирів. Протипоказань до застосування кормових дріжджів немає, їх передозування не викликає побічних ефектів. Застосування продукту не впливає на терміни забою тварин та використання молока.

Одним із перших субстратів, використаних для одержання кормової мікробної біомаси, були гідролізати рослинних відходів, передгідролізати і сульфітний луг – відходи целюлозно-паперової промисловості. В середині 30-х рр. XX ст. у колишньому СРСР було розпочато виробництво кормових дріжджів на гідролізатах рослинної сировини.

Суть цієї технології – кислотний гідроліз рослинних полісахаридів до пентоз і гексоз (при одностадійному гідролізі), або тільки до пентоз і тільки до гексоз (при двостадійному гідролізі). Далі їх використовували або у якості джерела вуглецю і енергії для вирощування дріжджів, або з названих моносахаридів одержували етанол з подальшою його трансформацією у дріжджову біомасу.

Відповідно до ГОСТ 20083-74 Дрожжи кормовые. Технические условия (Дріжджі кормові. Технічні умови), основними промисловими штамами-продуцентами є *Candida utilis*, *C. scottii* і *C. tropicalis*, які засвоюють пентози і гексози. Вони цінні тим, що переносять присутність фурфуролу у середовищі синтезу. Фурфурол – побічний неминучий продукт процесу гідролізу рослинних матеріалів, який негативно впливає на активність дихання дріжджів. В гідролізаті деревини вміст фурфуролу складає 0,035-0,1 %, тоді як оптимальний його вміст повинен не перевищувати 0,03 %.

Основна перевага технології – одержання продукту без залишків вихідної сировини, а отже, більш стабільного і контрольованого складу із поновлювальних сировинних джерел (рослинної біомаси) та органічних відходів. Недоліком є значні капітальні витрати на обладнання виробництва внаслідок необхідності використання агресивних середовищ та високих тисків на стадії гідролізу.

Кормові дріжджі, одержані на гідролізатах рослинної сировини, містять до 43-58 % білка. Крім рослинних, для вирощування кормових дріжджів, використовуються і гідролізати відходів тваринництва [3, 4]. На рідких фракціях вирощують бактерії термофільні (*Lactobacillus, Strepto-bacterium*) та мезофільні (*Streptococcus, Azotobacterium, Pseudomonas*). Ферментацію проводять при 30-38 °С протягом 7-14 діб. Подібні способи одержання кормових препаратів із гною розроблено в Японії, Великобританії, США та інших країнах. На стічних водах тваринницьких комплексів вирощують також дріжджі (родів *Pichia, Hansenula, Saccharomyces, Candida*) для одержання кормового білка. Наприклад, із 20 т свинячого гною вологістю 80% можна одержати 1 т кормових дріжджів та значну кількість добрив.

Відомий спосіб одержання кормового на целюлозному субстраті з додаванням гною у якості джерела мінеральних речовин. Поживна цінність цього препарату порівняна із стандартами ФАО. Однак твердо фазне культивування непридатне для гнойових стоків [4].

Целюлозна, а особливо целюлозно-лігнінова, активність мікроскопічних грибів забезпечує можливість їхнього використання для прямої біоконверсії лігніноцелюлозних відходів агропромислового комплексу. Гриби можна культивувати і на рідких середовищах, що містять лігніноцелюлозний компонент. Твердофазна ферментація відходів з використанням грибів широко розповсюджена у Європі та США [2, 3]. Гриби вирощують на гідролізованому твердому залишку гною, змішаному з подрібненою соломою; на будь-якому твердому целюлозовмісному середовищі з додаванням гною або мінеральних добрив, швидкоростучі штами фузаріїв – на різних целюлозо- та/або лігніновмісних середовищах.

При прямій біоконверсії щільних відходів агропромислового комплексу перевагу віддають термофільним міксоміцетам. Вони характеризуються численністю форм ферментів порівняно з мезофілами, що сприяє їхній вищій адаптабельності до зовнішніх термічних умов.

Біотрансформація рослинної сировини дріжджеподібними грибами, що мають коротку лаг-фазу, які містять комплекс гідролітичних ферментів та характеризуються більш стабільним ростом в умовах мікробних співтовариств, є перспективною у відносно стерильних і навіть нестерильних умовах [4]. Описана, наприклад, можливість вирощування дріжджів роду *Candida* у середовищі нестерилізованого гною [5]. На гноївці краще всього вирощувати дріжджі роду *Candida sp.* Власна бактеріальна флора гноївки не пригнічує рості дріжджів. Підвищена ефективність

біосинтезу білка спостерігається у асоціації дріжджів з міцеліальними грибами та бактеріями. У таких співтовариствах гриби та бактерії головним чином готують субстрат, а дріжджі є основними продуктами мікробної біомаси. Таким чином зменшується собівартість виробництва білкових препаратів із відходів за рахунок виключення стадії кислотного гідролізу, яка потребує значних затрат.

В дріжджових культурах на нестерильних стоках відмічається більш високий вихід сирого протеїну в одержаних дріжджових препаратах. Встановлено, що формування метаболітів мікроорганізмів гною сприяє росту дріжджів. Вирощування дріжджів на нестерильних стоках майже повністю усуває специфічний запах гноївки, тоді як при стерильному культивуванні цей запах залишається [5].

В практиці переробки відходів часто виникають умови, що ускладнюють хід технологічного процесу. Це перш за все нестандартність сировини. Рідка гноївка, залежно від методу видалення екскрементів тварин (гідрозмив, самопливний метод чи їх комбінація) можуть дуже відрізнятися за хімічним складом. Вміст сухого залишку, решток хімічних антисептиків, які використовувалися при годівлі та дезодорації тваринницьких приміщень, зумовлює різну активність та продуктивність дріжджів.

Гноївка часто накопичується у підземних лагунах, де перебуває від кількох годин до кількох діб. При цьому у матеріалі розвивається специфічна мікрофлора, що змінює мікробіологічні характеристики, водневий показник pH вихідної сировини.

Отже, відходи тваринництва можна комплексно переробляти за допомогою дріжджів. При цьому із стоків виділяється до 90% органічної речовини.

Ацидофільні бактерії вирощуються на гноївці з додаванням деяких легкозасвоюваних джерел вуглецю (меляса, метанол, глюкоза). Одержана при цьому біомаса містить до 71 % сирого білка. Культивування пропіоновокислих бактерій на розбавленому свинячому гною дозволяє одержати білковий препарат, що містить 29,6-36,5 % сирого протеїну. При додаванні до вказаного субстрату молочної сироватки після ферментації пропіоновокислих бактерій при 20-30ºС протягом 42-48 год. Можна одержати препарат, збагачений білком та який містить значні кількості вітаміну B_{12} [5].

В багатьох країнах світу у якості основної білкової добавки використовують соєве борошно, монополію на експорт якого тримають США (80-90 % світових обсягів). Як свідчать дані про ціновий фактор (табл. 2.1), кормовий білок соєвого походження є й найдешевшим.

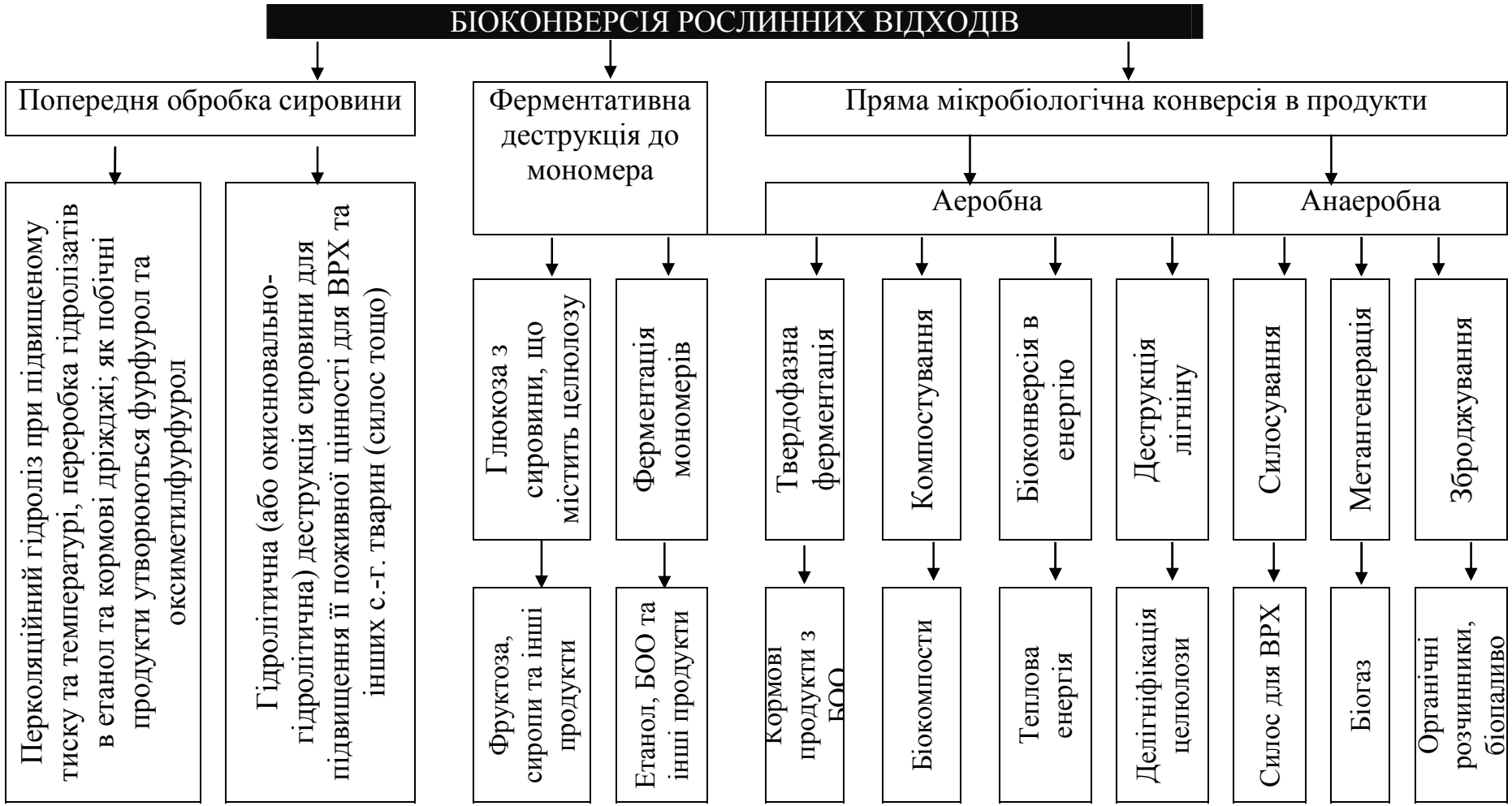


Рисунок 2.1 – Біоконверсія рослинних відходів для вторинного використання у сільському господарстві та промисловості [1]

Проте у багатьох споживачів соєві продукти викликають побоювання внаслідок того, що практично вся соя, вирощувана в США, є генно-модифікованою. Крім того, природно-кліматичні умови України недосить сприятливі для вирощування сої, тому потребу в кормових добавках потрібно забезпечувати за рахунок інших джерел, кількість яких достатньо обмежена.

Таблиця 2.1 – Порівняння відпускних цін білкових продуктів в США, вироблених з різної сировини [1]

Вихідна сировина, субстрат та якість продукту	Вміст білку, %	Вартість ($ США/кг, дані 1999 р.)
Білок одноклітинних організмів:		
-*Candida utilis,* етанол, харчовий	52	1,32-1,35
-*Kluyveromyces fragilis*, молочна сироватка, харчовий продукт	54	1,32
-*Saccharomyces cerevisiae*, відходи пивоварного виробництва, позбавлені гірких домішок, харчовий продукт	52	1,00-1,20
-*Saccharomyces cerevisiae*, харчовий продукт	52	0,39-0,50
Рослинні білки:		
-соєве борошно	49	0,20-0,22
-концентрат соєвого білку	70-72	0,90-1,14
-чистий соєвий білок	90-92	1,96-2,20
Тваринні білки:		
-рибне борошно (перуанське)	65	0,41-0,45
-кісткове борошно та борошно з м’ясних відходів	50	0,24-0,25
-сухе знежирене молоко	37	0,88-1,00

З переходом України до нових економічних умов, ростом цін на непоновлювальні енергетичні джерела (парафіни, природний газ тощо) крупнотонажне виробництво кормового білка одноклітинних організмів стало нерентабельним, що призвело до зупинки і ліквідації більшості вітчизняних виробництв.

В нині існуючих умовах ціна відновлювальної рослинної сировини, вуглецевмісних відходів та вторинних сировинних ресурсів залишається невисокою, що при одночасному вирішенні екологічних задач створить умови для збільшення масштабів переробки біомаси рослин та різноманітних відходів у кормові продукти, збагачені БОО та іншими цінними компонентами. Скоріш за все доцільно

установлювати локальні установки поблизу сільськогосподарських чи переробних підприємств для зниження затрат на транспортування.

У колишньому СРСР перший завод з виробництва кормових дріжджів із рідких парафінів нафти вступив у дію в 1971 р. Статистичних офіційних даних щодо ринку кормового білку в Україні на сьогодні немає, тому орієнтовно про тенденції у цій галузі можна судити по з даних щодо російського ринку цього продукту [6]. Аналітичне агентство «BusinessStat» провело аналіз російського ринку кормового білка за період 2007-2011 рр. Фахівці прийшли до висновку, що потреба в кормовому білку тваринного походження в Росії зменшилася на 2 %: з 184 тис. т до 180 тис. т. Найбільшу частку на російському ринку кормового білку тваринного походження має природний білковий концентрат метанового бродіння**.** У 2011 р. об'єм продажу білкового концентрату становив майже 90 % (117 тис. т) загального об'єму продажу білкових кормів.

Друге місце з показником 8 % (10,3 тис. т) посіли кормові дріжджі**.** Частка продажу кормових бактерій в 2001 р. не перевищувала 3 % (3,4 тис. т). Для України, напевне, співвідношення між видами кормового білка власного виробництва буде відрізнятися внаслідок високої вартості природного газу – сировини для конверсії. Тому для нашої країни немає альтернативи максимальному використанню рослинного білка, виробленого з найбільш доступної та дешевої сировини – рослинних відходів.

Незаперечний факт, що тваринні білкові добавки за рівнем протеїну вдвічі багатші за рослинні, а перетравлюваність цієї цінної речовини вища в 1,2-1,5 рази. Тваринні білки містять більше незамінних амінокислот – лізину й метіоніну, у них вища сума незамінних факторів харчування. Однак рослинні білкові добавки в перерахунку на протеїн дешевші за тваринні джерела в 2,5-4,5 рази (табл. 2.1). В умовах ринкової економіки цей чинник має вирішальне значення для ухвалення рішення про його використання. Але водночас зафіксовано й значно нижчу поживність, а, головне, – біологічну повноцінність кормового протеїну [7].

Як відмічено вище, світовий ринок кормового рослинного білку віддає пальму першості сої та продуктам її переробки, найбагатшим за інші рослинні джерела за протеїном і амінокислотами. Чимало дослідників часто наближають її до кормів тваринного походження й беззастережно вважають сою адекватним замінником тваринного білку. Це не зовсім так, тому що ця культура й продукти її переробки все ж таки поступаються тваринним білкам незамінними амінокислотами, особливо, метіоніном і лізином. Балансування

соєвого білка за допомогою синтетичних добавок лізину й метіоніну зрівнює ці рослинні добавки з тваринними кормами [7].

Сума вартості соєвих білків і добавок амінокислот менша вартості тваринного білка на 10-12 %, тоді як соєві продукти найдорожчі серед усіх рослинних джерел білка. Крім того, їхнє використання в годівлі обмежує наявність антипоживних речовин, які спричинюють розлади травлення й різку втрату продуктивності. Саме тому соя потребує обов'язкової теплової обробки. Контроль за активністю антипоживних властивостей сої утруднений і не завжди ефективний, а вартість теплової обробки значна. Усе це й обмежує використання соєвих протеїнів у годівлі тварин і птиці.

Друга група рослинних білкових кормів - продукти переробки соняшнику. Для України це найбільше джерело кормового білка, бо соняшник вирощують у нас в усіх кліматичних зонах у достатній і навіть надлишковій кількості. Проте продукти переробки соняшнику містять неповноцінний протеїн і значний надлишок клітковини, хоча це найдешевший рослинний кормовий протеїн. Тому низька ціна - головний і вирішальний чинник використання їх у тваринництві. Макуха й шрот соняшнику можуть накопичувати хлорогенову кислоту. Остання паралізує дію травних ферментів шлунково-кишкового тракту тварин та птиці. Насамперед це позначається на перетравленні протеїну та засвоєнні лізину й метіоніну. Якщо вміст хлорогенової кислоти перевищує 1 % маси побічних продуктів переробки соняшнику (макухи і шроту), знадобиться додаткове введення вказаних синтетичних амінокислот до складу раціону.

У зв'язку зі значним збільшенням посівів ріпаку в Україні та зростанням обсягів його переробки, на ринку кормових добавок активно пропонуються ріпакова макуха і шрот. Вони перебувають у тому ж ціновому сегменті, що й продукти переробки соняшнику, а в окремі роки бувають навіть істотно дешевші. За основними показниками протеїнової поживності ріпакові макухи й шроти подібні до продуктів переробки соняшнику. Можна лише сказати, що в них нижчий вміст аргініну й тирозину. І все ж використовувати в раціонах свиней, а особливо птиці, ріпакові протеїнові добавки на рівні з продуктами переробки соняшнику не можна. Це обумовлено наявністю в ріпакових продуктах специфічних антипоживних речовин: глікозинолатів, танінів, фітинової і ерукової кислоти. Надходячи в організм у надлишковій кількості, глікозинолати спричинюють крововилив у печінці, підвищують смертність поросят, курчат, курей, стають причиною неприємного запаху курячих яєць і стороннього присмаку м'яса бройлерів.

Не менш шкодлива ерукова кислота, яка концентрується в насінні, переходячи в продукти переробки ріпаку. Ця речовина є причиною зниження (до 20 % і більше) несучості курей, зменшення маси яйця й різкого погіршення інкубаційної якості яєць. Таніни ріпаку можуть викликати негативні процеси на всмоктувальній поверхні слизової оболонки кішківнику тварин, зменшуючи доступність амінокислот [7]. Усунути антипоживні речовини ріпакових макухи і шроту методами теплової обробки не можна. Спроби усунення вказаних недоліків цих продуктів поки що безуспішні.

Істотний резерв кормового протеїну – суха барда, глютен (концентрат кукурудзяного білку) та висівки. Ці недорогі продукти стають дефіцитними на ринку кормових добавок, попри їхню невисоку біологічну цінність. Однак вони добре вписуються в кормовий раціон усіх видів тварин і птиці, не містять антагоністів поживних речовин, незбалансованість раціону успішно коректується мікродобавками. Зростання об’ємів харчового виробництва супроводжується збільшенням обсягів виробництва таких добавок. Це надає реальну можливість годувати тварин раціонами, які взагалі не містять білків тваринного походження. При цьому вартість відгодівлі значно зменшується, продуктивність залишається на рівні стандартних раціонів, а якість продукції тваринництва може навіть покращитися [7].

Біоконверсія рослинної сировини, відходів тваринництва та птахівництва, переробної промисловості з використанням мікроорганізмів дає можливість одержати значні обсяги кормів, збагачених мікробним білком.

Характерна особливість таких продуктів – значна варіабельність їхнього хімічного складу залежно від характеру перероблюваної сировини, виду мікробу-продуценту, способу його культивування.

Потенційна сировина різноманітна: відходи деревообробки; рослинництва (солома, зелена маса рослин, пожнивні рештки тощо); переробки зерна (некондиційне зерно, висівки, відходи очищення та сортування зернової маси); переробної промисловості – спиртової, консервної, виноробної, крохмале-патокової, пивоварної, чайної, ефіроолійної (барда спиртового виробництва, молочна сироватка, фруктові та виноградні відходи, жом, меляса, пивна дробина, сплав ячменю, полірувальні відходи, відходи крохмалю, трав’янистої та квіткової сировини, соняшникова лузга, бавовняне лушпиння); кондитерської та молочної промисловості; активний мул очисних

споруд; відсортовані ТПВ; верховий частково розкладений торф; гній ВРХ, свиней, пташиний послід.

Крім того, у процесі біоконверсії органічних відходів для одержання кормового білка допускається використання рослинних відходів, заражених патогенною мікрофлорою, зіпсованих комахами або тих, які частково розклалися при зберіганні. На етапі біоконверсії в некондиційній сировині знищуються хвороботворна мікрофлора, яйця гельмінтів, збудники захворювань.

Наприклад, з 1 кг соломи можна отримати 0,1 кг плодових тіл грибів та приблизно 0,5 кг решток соломи з міцелієм, що містить 2,5 % білка [1]. В табл. 2.2 наведено порівняльна характеристика кількісних показників виходу кормового білку з рослинних решток та товарної продукції рослинництва [1].

Таблиця 2.2 – Потенційна кількість кормового білка з 1 га сільгоспугідь при культивуванні та переробці рослинних відходів

Найменування сировини	Кількість товарного продукту (відходу), т/га	Вміст у вихідній сировині, кг/т		Сирий протеїн, кг/га
		цукрів	сирого протеїну	
1. Горох (зерно)	2,0	55	220	440
2. Зелена маса кукурудзи	38,8	27	13	504
3. Соя (боби)	3,5	40	320	1120
4. Буряковий жом	27,6	50	12	331
5. Кукурудзяний жом	4,8	65	25	120
6. Буряковий бій	3,0	2,8	16	48

Сировиною для поживних середовищ кормових дріжджів можуть бути:

- Вуглеводні нафти (очищені рідкі парафіни);
- Нижчі спирти (етанол, метанол);
- Гідролізати відходів деревини (тирса, стружки, тріска);
- Гідролізати сільськогосподарських рослинних відходів (солома, лушпиння насіння, кукурудзяні качани тощо);
- Сульфітні луги целюлозно-паперового виробництва;
- Післяспиртова барда гідролізних та сульфітно-спиртових виробництв.

Залежно від середовища, у якому вирощували дріжджові клітини, розрізняють гідролізні, кормові класичні та білково-вітамінні кормові дріжджі. В табл. 2.3 наведено деякі технологічні характеристики кормових дріжджів різних груп [8].

Таблиця 2.3 – Технологічні характеристики кормових дріжджів різних груп

Тип кормових дріжджів	Середовище для культивування дріжджових клітин	Готовий продукт		Вихід кормового білка на 1 т сухої сировини, кг
		структура	забарвлення	
Гідролізні	Відходи деревини та с.-г. відходи	Порошок, гранули	Жовтий, темно-жовтий	240-450
Кормові класичні	Післяспиртова барда	Порошок у вигляді лусочок, гранули	Світло-коричневий, коричневий	260-400
Білково-вітамінний концентрат	Парафіни нафти, нижчі спирти, природний газ	Порошок, гранули	Світло-жовтий, світло-коричневий	600-800

В табл. 2.4 наведено дані щодо хімічного складу та поживних властивостей кормового білка, виготовленого на різних поживних середовищах (відходах сільськогосподарської та переробної промисловості, природній вуглецевмісній сировині).

Препарати, отримані шляхом глибинного культивування міцеліальних грибків та дріжджів, містять більше білку, ніж препарати, одержані поверхневим методом. Наприклад, на стічних водах харчових виробництв при культивуванні дріжджів одержані препарати, що місять 30-45 %, а на безбілковому коричневому соку зелених рослин – біля 30 % сирого протеїну від сухої маси. Крохмальвмісні рідкі середовища навіть з нерозчинними включеннями забезпечують значно вищий вміст сирого протеїну у кінцевому продукті (30-40 %), ніж середовище з подрібненим целюлозовмісним субстратом (10-15 % сирого протеїну) [9].

Кормові бактерії представляють собою особливу біомасу, яка використовується у якості добавки у раціоні сільськогосподарських тварин. Відомо більше 30 різновидів бактерій, які можна використовувати у якості джерела повноцінного кормового білка. Бактерії здатні нарощувати біомасу у кілька разів швидше за дріжджі, крім того, білок, вироблений бактеріями, містять більше сірковмісних амінокислот, внаслідок чого він має більш високу біологічну цінність порівняно з білком дріжджів.

Таблиця 2.4 – Хімічний склад кормових дріжджів різних груп [9]

Показник	Поживне середовище для вирощування кормових дріжджів		
	Спиртова барда	Деревна тирса	Парафіни нафти, спирти, природний газ
Сирий протеїн, % (мас.)	38-51	40-56	42-60,5
Білок по Бернштейну, % від сирого протеїну	30-42, 80-90	22-38, 65-89	27-37, 75-85
Концентрація, %: пуринових основ, піримідинових основ	 2-6 0-3	 8-13 2-4	 8-10 0-5
Ймовірність накопичення надлишку РНК	Незначна	Значна	Значна
Ймовірність накопичення живих клітин продуцента	Незначна	Значна	Значна
Обмінна енергія, Ккал/100 г	220	216	239
Сира клітковина, % (мас.)	1,2-2,9	1,3-2,7	1,5-1,9
Сирий жир, % (мас.)	2,2-3,1	2,7-3,3	7,2-7,6
Сира зола, % (мас.)	3,9-7,1	4,4-7,7	5,9-7,8
Моно- і дисахариди, г/кг	3,9-8,8	3,2-5,1	8,0-8,5
Органічні кислоти, г/кг	23	18	21
Ненасичені жирні кислоти, мг/кг	540	590	500
Холестерин, мг/кг	-	-	260
Харчові волокна, г/кг	1,8	2,9	2,1

Поживним середовищем для бактерій, як і для кормових дріжджів, можуть слугувати газоподібні речовини – природний газ, газовий конденсат, водень, а також нижчі спирти. У зв’язку з тим, що газова суміш метану та повітря вибухонебезпечна, а для кращої утилізації метану бактеріями потрібна постійна його циркуляція, виробництво кормового білку із газоподібних субстратів є досить дорогим та складним. Більш широке застосування знаходить технологія вирощування бактеріальної білкової маси на метанолі, який одержують шляхом окиснення метану. Біомаса кормових бактерій, вирощена на метанолі, містить до 70-74 % білків (сухої маси), до 5 % ліпідів, біля 10 % мінеральних речовин та 10-13 % нуклеїнових кислот.

Найдешевшим є кормовий білок, одержаний з активного мулу та органічної речовини стічних вод. Проте є значні обмеження для цього виду біоконверсії, пов'язані з присутністю в сировині важких металів та патогенної мікрофлори, що часто перевищує допустимі межі у таких субстратах. З тих же причин, а також низької поживної цінності, обмежено використання побутових відходів.

Високу інтенсивність синтезу білків проявляють бактерії, які окиснюють водень. Вони можуть накопичувати у своїх клітинах до 80 % сирого білка в розрахунку на суху речовину, використовуючи енергію окиснення водню для утилізації вуглекислого газу, а деякі штами – для засвоєння атмосферного азоту. Таку технологію виробництва кормового білка організовують поблизу підприємств, де у якості побічного продукту утворюється водень [6].

Зазвичай кормовий білок, одержаний шляхом бактеріальної біоконверсії, додають у комбікорми у кількості 2,5-7,5 % від білка раціону, а при годівлі дорослих тварин – до 15 %. Основна перешкода на шляху його використання у більшій концентрації – високий вміст нуклеїнових кислот (10-25 %). Останні в процесі гідролізу перетворюються на пуринові основи, які далі трансформуються в сечову кислоту та її солі, котрі можуть бути причиною сечокам'яної хвороби, остеохондрозу тварин. Крім того, у бактеріальній масі в значних кількостях синтезуються форми ліпідів, що важко засвоюються; важче та дорожче виділити та очистити бактеріальні білкові препарати [6].

В плані прискорення механізму мікробіологічної деструкції лігніноцелюлози та використання їх продуктів у кормовиробництві вже достатньо давно проводяться ґрунтовні дослідження та патентуються нові композиції на їх основі [10-16]. Окремо слід відмітити у цьому напрямку досягнення генної інженерії, пов'язані з використанням генно-модифікованих мікроорганізмів. Наприклад, група дослідників з Нідерландів [17] пішла наступним шляхом: в геном псевдомонади вбудували гени кишкової палички, які виробляють адаптовані ферменти для перетворення ксилози і арабінози - супутніх продуктів гідролізу целюлози, яких не надто полюбляють природні деструктори, яким більше до смаку глюкоза. Ступінь біоконверсії рослинних решток при цьому зростає в рази порівняно з традиційними методами. Ці ж автори запатентували ферментативну технологію для вироблення етанолу із рослинної сировини [18]. Культивація целюлолітичних препаратів (целюлаз) також є перспективним напрямком біоконверсії рослинних відходів в цілому [19-23].

Для переробки лігнінцелюлозних відходів використовують також гриби, що мають потужну ферментну систему, яка каталізує розкладення полімерів рослинної сировини [1, 2, 9, 22]. Прикладом залежності ефекту протеїнізації від способу культивування деструктору (за інших однакових умов) є вирощування термофільних грибів на буряковому жомі в глибинній та твердофазній культурах. Максимальний приріст вмісту білка в першому випадку – 402 %, в другому – 264 % [9]. Але й твердофазна ферментація має значні перспективи внаслідок низької собівартості одержаних кормових білків [23]. Грубі рослинні корми можуть бути збагачені грибним білком до 20-25 %, іноді одержують і більш високі результати – 25-30 % [9].

Ефективність накопичення протеїну міцеліальними грибами може бути значно вищим (у 3-10 разів), ніж дріжджами (2-2,5 рази), але, як правило, це супроводжується значним уповільненням процесу ферментації. Це, в свою чергу, збільшує вимоги до стерильності процесу. Хітин, що міститься в клітинах міцеліальних грибів, знижує якість корму, так як ряд грибів достатньо стійкий до дії шлункового соку тварин. Все це свідчить про наступне: вид мікроорганізму-продуценту в кожному конкретному випадку буде залежати від ряду факторів та умов підприємства, що проводить біоконверсію рослинної сировини.

В ході процесу біоконверсії може відбуватися не тільки кількісне збільшення вмісту білку в цільовому продукті, а, що не менш важливо, підвищення його якості (співвідношення незамінних та замінних амінокислот), що залежить перш за все від використаної мікробної культури. За вмістом незамінних амінокислот мікробні білкові препарати подекуди переважають соєвий шрот та рибне борошно за вмістом лізину, метіоніну, гістидину, треоніну та триптофану [9]. У будь-якому випадку кінцевий продукт буде комплексним за своїм фізико-хімічним та мікробіологічним складом, бо буде містити як мікробну масу, що наросла в процесі деструкції, так і залишки щільної поживної маси вихідного субстрату. В процесі твердофазної ферментації споживається лише частина крохмалю, пектину, геміцелюлози, целюлози, що містилася у вихідній сировині, тобто синтезований комплексний препарат міститиме й вуглеводи, склад яких варіюється залежно від багатьох факторів – як від виду мікроорганізму, так й хімічного складу сировини.

Крім накопичення білка, в процесі біоконверсії може в кілька разів збільшуватися вміст ліпідів. Відомо, що корми для тварин повинні бути збалансованими не тільки за амінокислотним складом,

але й за ліпідами, так як останні є джерелом поліненасичених кислот, що регулюють метаболізм. У комплексному препараті, одержаному, наприклад, за допомогою мікроміцетів роду *Fusarium*, переважають такі кислоти, як пальмітинова, стеаринова та олеїнова [24]. Відмічено присутність важливої незамінної ненасиченої лінолевої кислоти, яка не синтезується організмом тварин. Арахідонова кислота може утворюватися з ланолевої в організмі, регулюючи синтез простагландинів. В процесі мікробної біотрансформації продукти збагачуються комплексом ростових речовин – каротином, вітамінами групи В, аскорбіновою кислотою, вітаміном Е тощо. Додавання дріжджів у кількості 5 % (мас.) до корму задовольняє потребу свиней у вітамінах B_1 – на 10-50 %, B_2 – на 100 %, B_6 – на 40 %, PP – на 100 %. Наявність гідролітичних ферментів в продуктах біоконверсії целюлозовмісних відходів сприяє підвищенню ступеню засвоюваності кормів [25].

Досить перспективне використання у якості кормів мікробних препаратів, вирощених на органічних субстратах рослинного походження. Відомо [26], що 10-20 % білка в раціоні сільськогосподарських тварин можна замістити БОО. Ця частка може варіюватися залежно від штаму-продуценту, складу вихідної сировини. Наприклад, згодовування тваринам препаратів, одержаних за допомогою дріжджів, дає значні варіації за величиною добавок, оптимальних для раціону: *Candida tropicalis A-11* при глибинному культивуванні на виноградних вижимках – 7 % за протеїном; *Endomycopsis fibuliger C-4* при твердофазній ферментації виноградних віджимок та висівок (1:1) – 10-15 % за протеїном; *Endomycopsis fibuliger C-4* при глибинній ферментації на комплексних плодоовочевих відходах – 21,5 % за протеїном. Перевищення цих оптимальних доз небажане, так як, з однієї сторони, інколи воно призводить до зменшення продуктивності тварин, а, з іншої, просто економічно невигідно [9]. Обмежує широке використання БОО в раціоні тварин, а тим більше людини, високий вміст в ній нуклеїнових кислот. Хімічні методи, які пропонуються для денуклетизації мікробних препаратів, призводять одночасно до втрат білка. Препарати, одержані з рослинних сільськогосподарських відходів, містять біля 2 % нуклеїнових кислот. У дріжджових препаратах, одержаних на рослинній сировині, їхній вміст вищий – 3-6 % сухої маси, хоча це й набагато менше, ніж при використанні бактерій як продуцентів. Тому ажіотаж та сподівання ентузіастів стосовно перемоги над проблемою голоду в середині XX ст. завдяки культивуванню хлорели, не справдилися [27].

На сьогодні для створення біологічно активних добавок (БАД) та продуктів біоконверсії використовується обмежений спектр мікроорганізмів – в основному біфідо- та лактобактерії. Однак багато авторів [9, 15, 16] відмічають перспективи використання мікроорганізмів інших таксонометричних груп, які позитивно впливають на нормофлору тварин та людини. Дріжджі традиційно широко використовуються як джерело білка, мікроелементів та вітамінів, однак є багато свідчень про наявність у них парафармацевтичних властивостей [28]. Вони давно використовуються у сільському господарстві саме як пребіотичні добавки до кормів. У розвинутих країнах такі добавки викликають підвищений інтерес через законодавчі обмеження використання кормових антибіотиків. Тваринам згодовується рослинний силос, який містить значні кількості живих дріжджів, живі дріжджові культури вводять до раціонів як ефективний стимулятор продуктивності.

Традиційно в Україні та країнах СНГ дріжджові корми готують на різній сировині: фуражному борошні, патоці, виноградному, яблучному борошні, тирсі, соломі, лушпинні зернових тощо. З цих продуктів готують рідкі поживні середовища, засівають дріжджі у чистому вигляді або у суміші з молочнокислими бактеріями, культивують 6-9 год., потім культуру дезактивують або згодовують в нативному вигляді. При цьому застосовують, як правило, малоінтенсивні режими перемішування та аерації, наслідком чого є достатньо низький вміст дріжджів в культурах ($1{,}0\text{-}1{,}5\cdot10^6$ КУО/см^3). Але навіть при таких низьких концентраціях дріжджі дають незаперечний позитивний ефект у тваринництві та птахівництві [29, 30].

У Московському державному університеті харчових виробництв та в ООО «ПИК III» розроблено технологію універсального біологічно активного напівфабрикату їжі та кормів на базі сільськогосподарської сировини та відходів з неї і дріжджів [31]. Запропоновано виділяти дріжджові культури, перспективні для біоконверсії рослинних відходів та сировини, із природних мікробіоценозів рослинного та тваринного походження. Найбільш продуктивними продуцентами біомаси визнано термотолерантні дріжджові та дріжджоподібні гриби родів *Pichia*, *Rhodotorula*, *Candida*, що інтенсивно ростуть на твердофазних рослинних субстратах. Реальними субстратами біоконверсії, як правило, є вторинні продукти агропромислових підприємств (післяспиртова барда, відходи переробки та зберігання плодоовочевої продукції, гноївка тваринницьких та птахівничих господарств тощо). У якості

вуглецевмісної сировини для дріжджової біоконверсії запропоновано субстрати з реакцією середовища, близькою до нейтральної: продукти переробки зерна, коренеплодів, бульб. До їх складу разом з легкозасвоюваними сполуками входять целюлозомісні формоутворюючі компоненти: висівки, солом'яне чи трав'яне борошно, солодові проростки тощо. Встановлено [8], що питома продуктивність біомаси дріжджів на одиницю маси вуглецевмісного субстрату більш висока за умов використання твердофазного субстрату, ніж при глибинній ферментації. Культивування дріжджів на твердофазних субстратах рекомендовано проводити при переміщуванні не частіше ніж 1 раз в 2 год., при 28-30 ºС протягом 24-48 год. Встановлена можливість сухого та рідкого фракціонування твердофазної дріжджової біомаси, яку можна рекомендувати у якості компонентів харчових продуктів, кормів та добрив [1].

Таким чином, практично будь-яка рослинна сировина та її відходи можуть використовуватися у якості сировини для виробництва кормових добавок та комбікормів на мікробіологічній основі.

2.2 Технологічні особливості мікробіологічної конверсії у кормовий білок

Суть технології полягає в тому, що на рослині компоненти сировини, що містять складні полісахариди(пектинові речовини, целюлозу, геміцелюлозу тощо) діють комплексними ферментними препаратами. В результаті дії ферментів складні полісахариди розщеплюються до простих цукрів, на основі яких синтезується кормовий білок та ряд інших біологічно активних сполук. Вважається, що оптимальна вологість сировини повинна складати 60-70 %. Тому відходи, що містять більше 75 % вологи, повинні попередньо зневоднюватися за допомогою шнекового пресу (сепаратору), а відділена рідина може частково використовуватися в подальшому як технічна вода.

Процес мікробіологічної обробки включає три функціональних етапи:

- Підготовчий: руйнування лігніну та інших жорстких зв'язуючих грубої рослинної оболонки; розчинення воскової шару оболонки зерна для забезпечення контакту між полісахаридами та каталізаторами хімічного та мікробіологічного походження;
- Ферментний: розкладення складних полісахаридів до простих цукрів;

- Продуцентний: синтез кормового білка; синтез біологічно активних речовин, вітамінів та провітамінів та мікробіологічній основі; стерилізація сировини від наявної або привнесеної зовні небажаної мікрофлори, включаючи патогенну; ароматизація або смакова корекція кормового продукту.

Для ферментації рослинних складових вихідної сировини застосовується целюлазно-глюконазно-ксилантазний ферментний комплекс, що являє собою очищений внутрішньоклітинний білок, здатний глибоко реструктурувати як клітинні стінки, так і окремі структурні полісахариди рослин: целюлози та геміцелюлози, у тому числі глюконату, ксилану, арабану. Ферментний комплекс розщеплює речовини високомолекулярної природи (крохмаль, білки, ліпіди, компоненти клітковини) до легкозасвоюваних речовин, у вигляді яких вони й всмоктуються.

Набір необхідних для мікробіологічного процесу хімічних речовин к випадку використання рослинних відходів, де є дефіцит певних елементів відносно оптимального вмісту може корегуватися або мінеральною, або органічною добавкою за рахунок підбору відповідного типу. По суті, компоненти вихідної сировини проходять мікробіологічну обробку, аналогічну до середовища початкової ділянки стравоходу жуйних, пристосованих самою природою до перетравлювання їжі з високим вмістом клітковини. Тому при виробництві кормового білку початковий, самий тривалий етап перетравлювання, починається поза організмом, а, надходячи у шлунок тварини, птиці чи риби, такий корм буде засвоюватися значно швидше і повніше, причому організм затратить значно менше енергії та ферментів на перетравлювання.

В результаті ферментації клітковина вихідної сировини структурно видозмінюється. Зокрема, лігніни перетворюються з жорсткого, міцного компоненту на пористий матеріал, просочений поживними та біологічно активними речовинами. При цьому клітковина вже не матиме гострих голчатих частин захисної оболонки зерна. Для синтезу білка в процесі мікробіологічної конверсії використовують продуценти білка – цукроміцети, що за швидкістю виробництва білка не мають рівних собі серед живих істот. В результаті дії продуцентів-цукроміцетів відбувається синтез та накопичення кормового білка, вітамінів групи В (тіаміну, рибофлавіну, пантотенової кислоти, холіну, піродоксину, біотину. інозиту, фолієвої кислоти), вітамінів Е, С та інших, а також провітамінів, зокрема, провітаміну вітаміну D_2 (ергостерин), особливо необхідного для молодняка [1].

Залежно від складу вихідної сировини та вимог до готової продукції, процес мікробіологічної конверсії можуть проводитися у різних часових режимах:

- Експрес – 24 год. – для сильно подрібненої сировини низької жорсткості;
- Оптимум – 48 год. – для середньо- та крупно подрібненої кондиційної сировини середньої жорсткості;
- Максимум – 72 год. – для крупнодисперсної сировини високої жорсткості та некондиційної сировини будь-0якого ступеня подрібнення та твердості.

Після сушіння, подрібнення та гранулювання готовий продукт (умовно названий вуглеводно-білковий концентрат – ВБК) має вигляд порошку коричневого забарвлення із запахом житнього хліба.

Список використаних джерел

1. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т. 1. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 629 с.
2. Ковалев Н. Г. Отчет о выполнении программы сотрудничества ВНИИМЗ ВРО ВАСХНИЛ и фирмы «Биоферм» США в области переработки органического сырья в удобрения, кормовые добавки и подкормку для скота / Н. Г. Ковалев, Б. М. Малинин, И. Н. Глазков. – Калинин, 1989. – 51 с.
3. Лиепиньш Г. К. Сырье и питательные субстраты для промышленной биотехнологии / Г. К. Лиепиньш, М. Э. Дунце. – Рига: Зинатне, 1986. – 158 с.
4. Биологические технологии утилизации отходов животноводства : учеб. пособие по агроном. специальностям / О. Д. Сидоренко, Е. В. Черданцев. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 74 с.
5. Пат. 2058992 РФ, C12N1/16, C12P21/00, C12M1/00, A23K1/00. Способ получения кормового белка и устройство для его осуществления / Антипин Г.В.; заявитель и патентообладатель. – № 93036312/13 ; заявл. 14.03.93 ; опубл. 27.04.96.
6. BusinesStat® Демонстрационная версия отчета «Анализ рынка кормового белка в России в 2007-2011 гг., прогноз на 2012-2016 гг.» – [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://marketing.rbc.ru/research/562949983244233.shtml
7. Подобєд Л. Рослинні кормові білки: минуле, сьогодення, майбутнє. – [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=2148&number=67.
8. Подобед Л. На каких дрожжах растет птица / Л. Подобед // Животноводство России. 2007. – № 4. – С. 21-22. – [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.zzr.ru/archives/2007/04/04-2007_05.pdf.

9. Сидоренко О.Д. Микробиология: Учебник для агротехнологов // Сидоренко О.Д., Борисенко Е.Г., Ванькова А.А., Вайво Л.И. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 287 с.
10. Отходы производства целлюлозы и ацетатов целлюлозы как компоненты компостов для сельскохозяйственных предприятий / К. С. Никольский, В. И. Еропов, Т. М. Кубаенко и др. // Химия и технол. эфиров целлюлозы / М.: НПО «Полимерсинтез», 1991. - С.117-120.
11. Пат. № 2028047 РФ. Способ получения кормового концентрата из растительного сырья / Е.Я. Яковенко (Россия). № 5023568/13: Бюлл. № 4. Заявл. 27.01.1992, опубл. 09.02.1995.
12. Пузыревская О. М. Биоконверсия целлюлозосодержащих отходов сельского хозяйства / О. М. Пузыревская, М. Г. Саубенова, Р. Ш. Галимбаева // Микробиол. охраны биосферы в рег. Урала и Сев. Прикаспия: Тез. докл. Всес. симп. Оренбург, 1991. - С.103-104.
13. Sweeney Charles T. Conversion of cellulosic agricultural wastes: Pat. 5032239 USA, MKM5A23Kl/00. №328278, заявл. 24.03.89, опубл. 16.07.91.
14. Sweeney Charles T. Apparatus and method for conversion of cellulosic agricultural wastes: Pat. 5352340 USA, МКИ5А23К1/00. № 808223, заявл. 16.12.91, опубл. 04.10.94.
15. Лобанок А. Г. Микробный синтез на основе целлюлозы. Белок и другие ценные продукты / А. Г. Лобанок, В. Г. Бабицкая, Ж. Н. Богдановская // Минск: Наука и техника, 1988. – 260 с.
16. Лобанок А. Г. Переработка целлюлозосодержащих отходов в ценные продукты с помощью микроорганизмов / Лобанок А. Г., Залашко М. В., Анисимова Н. И. и др. // Минск: Урожай, 1988. – 200 с.
17. Meijnen J.-P. Metabolic and Regulatory Rearrangements Underlying Efficient D-Xylose Utilization in Engineered *Pseudomonas putida* S12 / Jean-Paul Meijnen, Johannes H. de Winde, and Harald J. Ruijssena // J. Biol. Chem., 2012. - Vol. 287, Issue 18. - Pp. 14606-14614.
18. Patent US20120115186 Fermentative production of ethanol from glucose, galactose and arabinose employing a recombinant yeast strain / Klaassen Paul (Dordrecht, NL), Van Suylekom Gijsberdina Pieternella ('S Gravenmoer, NL), Gielesen Bianca Elisabeth Maria (Maassluis, NL), Broers Nicolette Jasmijn (Delft, NL), Wiedemann Beate (Leipzig, DE), De Laat Wilhelmus Theodorus Antonius Maria (Breda, NL).
19. Компонентный состав коммерческих ферментных препаратов, полученных с помощью грибов рода *Trichoderma* и предназначенных для биоконверсии растительного сырья / [А. В. Чекушина, Г. С. Доценко, Е. Г. Кондратьева и др.] // Биотехнология. – 2013. – №3. – С. 58-68.
20. Ферментные препараты *Penicillium verruculosum* для биоконверсии растительного сырья - альтернатива коммерческим препаратам, полученным с помощью грибов рода Trichoderma / [А. В. Чекушина, Г. С. Доценко, Е. Г. Кондратьева и др.] // Биотехнология. – 2013. – №3. – С. 69-80.

21. Патент РФ 2261910 Штамм Penicillium funiculosum, продуцирующий комплекс ферментов - целлюлазу, эндо-1,4-β-ксиланазу, целлобиогидролазу, β-глюкозидазу, эндо-1,3(4)-β-глюканазу, ферулоил-эстеразу, жидкая кормовая добавка и сухой корм для сельскохозяйственных животных // Сабатье Алан (FR), Фиш Невилл Маршалл (GB), Хейг Найджел Петерсон (GB) Заявка: 2000102717/13, 06.05.1999 Дата начала отсчета срока действия патента: 06.05.1999.
22. Беловежец Л. А. Перспективные способы переработки вторичного лигниноцеллюлозного сырья / Л. А. Беловежец, И. В. Волчатова, С. А. Медведева // Химия растительного сырья. – 2010. – № 2. – С. 5-16.
23. Степанова Е. В. Разложение овсяной соломы грибами при жидкофазном и твердофазном культивировании / Е. В. Степанова, О. В. Королева, Л. Г. Васильченко // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39. - № 1. – С. 74-84.
24. Витаминно-протеиновый продукт на основе селекционированных штаммов грибов: характеристика и применение [Електронний ресурс] / [С. М. Супрун, Г. В. Донченко, Ю. М. Пархоменко и др.] // Фактори експериментальної еволюції організмів. - 2013. – Т. 13. – С. 258-261. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/feeo_2013_13_68.pdf.
25. Клечак І. Р. Біотехнології на основі вищих базидіальних грибів роду *Coriolus* Quel / І. Р. Клечак, Л. О. Антоненко // Наукові вісті НТУУ "КПІ" – 2012. - № 3. – С. 41-49.
26. Біотехнологія: Підручник / В. Г. Герасименко, М. О. Герасименко, М. І. Цвіліховський та ін.; Під заг. ред. В. Г. Герасименка. – К.: Фірма «ІНКОС», 2006. – 647 с.
27. Макарова Е. И. Прикладные аспекты применения микроводорослей – обитателей водных экосистем / Е. И. Макарова, И. П. Отурина, А. И. Сидякин // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 120-133.
28. Андреева Н. Л. Новые биологически активные вещества в ветеринарии / Н. Л. Андреева, В. Д. Соколов // Аграрный вестник Урала. – 2012. - № 5 (97). – С. 23-24.
29. Anupama. Value-added food: Single cell protein / Anupama, P. Ravindra // Biotechnology Advances. – 2000. - Vol. 18, Issue 6. – P. 459-479.
30. Гадаева В. Ю. Модернизация кормовых рационов как фактор повышения эффективности птицеводства [Електронний ресурс] / В. Ю. Гадаева // Сельское, лесное и водное хозяйство. – 2015. – № 2. – Режим доступу: http://agro.snauka.ru/2015/02/1803.
31. Солдатова С. Ю. Разработка технологии биологически активного полуфабриката пищи и корма на основе растительного сырья и дрожжей : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.10 "Технология чая, табака и биологически активных веществ и субтропических культур" / Солдатова Светлана Юрьевна – Москва, 2004. – 24 с.

РОЗДІЛ 3 БІОЕНЕРГЕТИЧНИЙ НАПРЯМОК УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

3.1 Принципові можливості

Біоконверсія у теплову енергію та паливо – оди із шляхів поповнення енергетичних ресурсів на основі поновлювальної рослинної сировини та органічних відходів.

За оцінками, запаси енергії, що зв'язуються біомасою рослин щорічно, співставні із сумарними запасами енергії нафти природного газу, вугілля та урану [1]. В середньому в більшості країн світу цим шляхом виробляється до 10 % енергії, у деяких – до 25-30 %. Однак недоліки такого джерела енергії очевидні: низька теплотворна здатність, складність збирання та транспортування до місця переробки, сезонний характер, залежність від кліматичних факторів, забруднення атмосфери продуктами горіння. Єдиний плюс з точки зору підтримування глобального балансу CO_2 – при спалюванні біомаси виділяється стільки ж вуглекислого газу, скільки його засвоєно в процесі фотосинтезу.

Енергетична ефективність та цінність біомаси як джерела палива може бути підвищена методами біологічної, термічної та термохімічної конверсії (рис. 3.1). При цьому одночасно вирішується кілька задач: збирання та переробка екологічно та епізоотично небезпечних органічних відходів рослинного та тваринного походження, одержання екологічно чистих добрив чи поживних субстратів, одержання біогазу для роботи міні-ТЕЦ, газоподібного чи рідкого палива для автотракторної техніки, виробництво «сухого льоду», соди, забезпечення роботи «безфреонового» холодоагенту тощо.

За даними журналу «Міжнародна біоенергетика», 86 % біогазового потенціалу міститься у сільськогосподарській сировині та лише 8 % у промислових та комунальних відходах. Тому найшвидше виробництво біогазу із органічних відходів розвивається у аграрному секторі. Наразі максимальна кількість біогазових установок – біля 15 млн – діє у Китаї, на другому місці – Індія (біля 10 млн), активно будуються біогазові установки у Європі. В даний час європейський ринок біогазових установок оцінюється в 2 млрд доларів, за прогнозами, він повинен вирости до 25 млрд до 2020 р. В європейській практиці 75 % біогазу виробляється з відходів сільського господарства, 17 % – з органічних відходів приватних домогосподарств та підприємств, ще 8 % – із відходів комунальних очисних споруд.

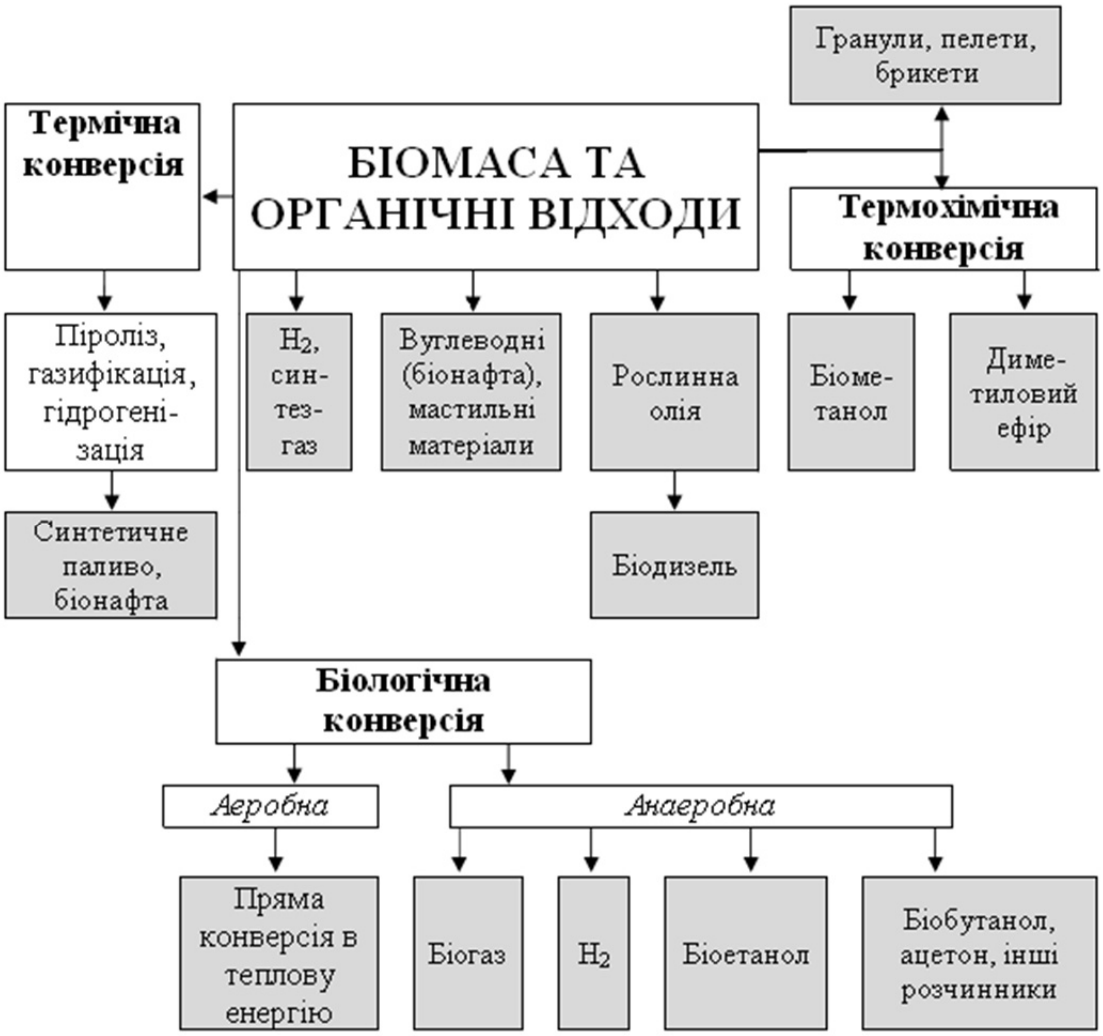


Рисунок 3.1 – Варіанти технологій конверсії біомаси та органічних відходів у теплову енергію та паливо [1]

Позиції лідера серед європейських країн належать Німеччині – в 2010 р. налічувалося більше 9000 біогазових установок. Біля 7 % виробленого газу надходить у газопроводи, решту використовують самі виробники для задоволення власних потреб. В перспективі 10-20 % природного газу може бути замінено на біогаз. З точки зору масштабів застосування біогазу лідирує Данія: біогаз задовольняє 20 % енергоспоживання країни. Високими є темпи розвитку ринку біогазу в Швеції, Великобританії, Італії, Франції, Іспанії та Польщі. Так, в Швеції працює біля 200 установок, із яких 138 – на водоочисних спорудах, 60 – переробляють звалищні відходи.

В Україні динаміка вироблення енергії із біомаси та відходів сільськогосподарського виробництва за період 2012-2013 рр. мала обнадійливу тенденцію до зростання (рис. 3.2). Проте прослідкувати подальші зміни неможливо внаслідок відсутності статистичних даних.

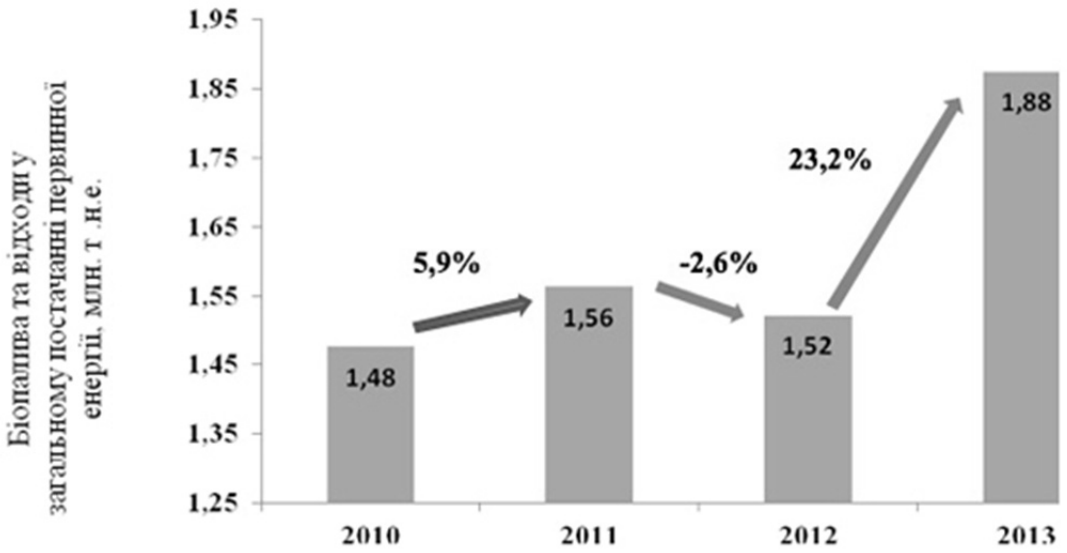


Рисунок 3.2 - Внесок біомаси та відходів до загального постачання первинної енергії в Україні (н.е. – нафтовий еквівалент: енергія, що виділяється при спалюванні 1 т сирої нафти – біля 11,63 МВт·год) *(дані Біоенергетичної асоціації України)*

Проте на практиці не все так оптимістично, як на папері. Одному із авторів цієї роботи довелося особисто спілкуватися із бельгійським фермером, у господарстві якого 50 корів, надої від кожної з яких – 12 тис. л і більше за рік. Сімейна ферма практично повністю комп'ютеризована (раціони тварин, надої, динаміка лактації, контроль за якістю молока тощо). Ідеальними є гігієна тварин з безпідстилковим методом утримання, рівень ветеринарного обслуговування. При всій бездоганній організації дрібнотоварного виробництва більш за все фермера, за його власними словами, турбувала проблема утилізації гноївки. Його власні угіддя - всього кілька гектарів пасовища, тому внести всю масу органічних відходів туди просто неможливо. Об'єм лагуни, куди перекачується гноївка, не безмежний, а вивіз відходів коштує дорого, що суттєво відбивається на собівартості продукту, який і так є дотаційним. На запитання щодо доцільності встановлення установки з виробництва біогазу відповідь була негативною. По-перше, потужність типового проекту в кілька разів перевищувала його масштаби, а замовлення індивідуального проекту значно здорожує його реалізацію. По-друге, як це не парадоксально, вироблений біогаз самому фермерові не потрібен, бо все виробництво та домашнє господарство працює на електроенергії. Газифікація ферми коштуватиме досить дорого, плюс витрати на обслуговування газового обладнання стороннім спеціалістом, оформлення дозвільних документів тощо. Одним словом, висновок

фермера щодо утилізації гноївки шляхом вироблення біогазу був невтішним – для нього цей шлях економічно невигідний.

Тому, хоч біоенергетичний напрямок утилізації органічних відходів є одним із найбільш привабливих, він не являється все ж таки безальтернативним, та не тільки екологічно, але й економічно обґрунтованим. Хоча слід відмітити, що анаеробна конверсія органічних відходів, в більшості тваринного походження, та активного мулу очисних споруд є е найбільш динамічним напрямком технологій утилізації зараз, особливо стосовно промислових тваринницьких та птахівничих комплексів та очисних споруд крупних мегаполісів [2-17].

Таким чином, недостатньо просто виробляти енергоносії з відходів. Не менш важливо знайти споживача виробленої енергії. Відносно сільськогосподарського виробництва, напевне, найбільш логічним був би варіант, коли біоконверсія органічних відходів з виробленням енергоносіїв компонувалася з сушильним обладнанням, випарювальними агрегатами, печами тощо. А це, зрозуміло, тягне за собою необхідність часткового чи повного переформатування профілю та напрямків господарювання. Напевне, цей фактор і є одним із принципових гальмуючих технічних та психологічних моментів впровадження екологічно чистої та економічно вигідної утилізації відходів.

Так, за висновками авторів [2], використання піролізного газу, синтез-газу та генераторного газу в теплових двигунах малої потужності зараз є неефективним, оскільки необхідно встановлювати досить дорогу та складну систему очищення, збагачення та охолодження виробленого продукту. Системи очищення біогазу простіші, але знову ж таки запустити його у систему опалення напряму не можна хоча б тому, що він містить значні домішки інших газів. Крім того, одержаний біогаз неможливо, наприклад, реалізувати на сторону, без оформлення технічних умов та ліцензування такого виду діяльності [18]. Використання біогазу для одержання теплової та електричної енергії в Україні регламентується СОУ ЖКГ 08.09-13:2010 Побутові відходи. Біогаз полігонів побутових відходів, що використовується у когенераційних установках.

У європейських країнах на реалізацію проекту одержання біогазу фермер, як правило, може одержати пільговий державний кредит під 2-3 % річних, з терміном погашення 5-10 років, тоді як в Україні таких можливостей практично не існує. Незважаючи на активну рекламу цього методу утилізації, реального зростання кількості установок одержання біогазу в Україні не спостерігається.

Таким чином, реалізація благородного наміру виробничників в цивілізованому порядку утилізувати відходи викликає таку лавину проблем, що, зводить нанівець у більшості випадків ці поривання, хоча всі розуміють, що в теорії це економічно та екологічно вигідна справа.

Одним із варіантів підвищення якості біомаси як палива – переробка її у гранули, пелети, брикети, які можна отримати як із деревини, так і з різноманітних органічних відходів шляхом обробки паром під тиском. За теплотворною здатністю такі гранули займають проміжне положення між бурим та кам'яним вугіллям, зручні при транспортуванні, при їх спалюванні утворюється менше попелу, а в повітря викидається менше сполук сірки.

В процесі енергетичного використання відходів можна одержати наступні енергоносії:

- *Газоподібні*: піролізний газ, генераторний газ, синтез-газ, біогаз, метан;
- *Рідкі*: горючі смоли, біодизель, біоетанол тощо;
- *Тверді*: деревне вугілля, вугільний залишок, кокс тощо.

Теплову енергію отримують в теплогенераторах, газогенераторах, піролізних та когенераційних установках; *електричну* – у паротурбінних, газотурбінних циклах та в газо-поршневих двигунах.

В більшості реалізованих виробництв з біоенергетичного напрямку утилізації органічних відходів чи проектів кінцевим продуктом є не тільки енергія чи енергоносії, а й корми чи удобрювальні композиції. Тому частіше всього утилізація відходів носить комплексний характер.

Так, наприклад, технологія термічної деполімеризації (TDP) дозволяє одержати із вуглеводневих та органічних відходів тваринництва газоподібне, рідке та тверде паливо, деякі хімікати та добрива. Таким способом можна утилізувати рештки кормів, послід, гній, підстилку, стоки, загиблих тварин та птицю. Першу стадію проводять 250-350°С, другу – при 500-700°С. Пілотну установку TDP потужністю 7 т/добу було введено в дію в США в 1999 р., а комерційну, розраховану на 40 т/добу, – в 2002 р [15]. Одержані при цьому оливи аналогічні дизельному паливу C_8-C_{20}, насиченим та ненасиченим жирним кислотам C_{16}-C_{18}. Твердий залишок – досить ефективне добриво з високим вмістом фосфору, рідкі рештки містили 25-28 % сульфату амонію.

В штаті Вірджинія (США) впроваджена система переробки пташиного посліду з підстилкою на пелетовані туки потужністю 65

тис. т в рік під торговою маркою “Harmony” [17]. Це добриво, в якому порівняно з традиційними знижено ступінь рухомості форм азоту та в кращий бік скоректовано співвідношення N:P.

Нетривіальний спосіб утилізації пташиного посліду запропоновано російською фірмою «Корина», який базується на баро-вибуховій технології [19]. На думку авторів розробки, продукти утилізації – органо-мінеральні премікси та кормові добавки – будуть вироблятися екологічно безпечним способом. Однак необхідно усунути шумові ефекти при пострілах кавітаційних гармат, а також дослідити безпечність газових продуктів розкладення відходів.

Один із найбільш розповсюджених методів енергетичної утилізації органічних відходів – пряме спалювання із захороненням попелу. Майже всі органічні відходи можна використовувати у якості палива. Так, в Україні розроблено і використовується технологія прямого спалювання тюкованої соломи [2].

Нижня межа теплоти згорання відходів, які можна спалювати без додаткової витрати палива, складає 3,35...4,19 МДж/кг [2]. За Таннером [3], умови спалюваності речовини наступні:

- Вологість – не більше 50 %;
- Зольність – не більше 60 %;
- Вміст горючих речовин – не менше 25 %.

В результаті прямого спалювання відходів можна одержувати лише теплову, або і теплову, й електричну енергію. Середня теплота згоряння ТПВ складає 6,3 МДж/кг [2]. Відповідно до результатів дослідження [4], відходи перед спалюванням слід ретельно сортувати, так як спалювання деяких органічних складових, наприклад, текстилю, пластику, завдає стільки шкоди довкілля, що вона не компенсується ефектом від заміщення первинних енергоносіїв.

Аналіз ефективності різних методів переробки органічних відходів [5] показав, що сміттєспалювальні технології можуть продукувати значну кількість тепла, проте їх к.к.д. з виробництва енергії невисокий. Крім того, такі системи характеризуються значною токсичністю викидів у атмосферу та потребують значних інвестиційних витрат.

Системи піролізу та газогенерації відходів, на думку автора [4], є найбільш перспективними. Вони дозволяють одержати горючий газ з теплотою згоряння 5…20 МДж/м^3 [6], який можна транспортувати на відстань або використати у якості моторного палива після ретельного очищення. Додатковим продуктом такої переробки є вугільний залишок.

Реалізація проекту з піролізу 75 т/добу відходів деревини у Мексиці показала низькі концентрації шкідливих речовин при переробці та достатньо високі економічні показники: капіталовкладення $11,3 млн окупаються за 4-5 років [7].

На думку авторів [2], одним із самих перспективних методів біотрансформації органічних відходів є анаеробне зброджування, в результаті якого, залежно від складу відходів (табл. 3.1), одержують якісний горючий газ з теплотою згоряння 20…24 МДж/м^3.

Таблиця 3.1 – Вихід біогазу та вміст метану в ньому залежно від сировини [2]

№ з/п	Клас речовин	Вихід біогазу, л/г субстрату	Вміст метану, % (об.)
1.	Вуглеводи	0,83	50
2.	Білки	0,72	71
3.	Жири, масла	1,43	70

Вихід біогазу із різних відходів залежить від їх морфологічного та елементарного складу, і складає, за даними [8], м^3/т:

− Ріпаковий жом (90 % сухої речовини) – 620;
− Відходи нафтопереробки – 500;
− Відходи обробки риби та риб’ячого жиру – 300;
− Барда (31 % сухої речовини) – 250;
− Відходи броварень – 200;
− Відходи ресторанів – 189;
− Трава (33 % сухої речовини) – 165;
− Соняшник (23 % сухої речовини) – 90;
− Молочні відходи – 50;
− Овочеві відходи – 48;
− Гній ВРХ – 40;
− Послід птиці – 40;
− Гній свиней – 35;
− Гноївка ВРХ – 20;
− Гноївка свиней – 15;
− ОСВ – 5.

Слід відмітити, що порівняно з компостуванням чи прямим спалюванням, біогазові технології більш вимогливі до якості органічних відходів [2]. Використання біогазу напряму замість природного газу на практиці навряд чи можливе. Зазвичай потрібне регулювання горілок [9] для спалювання біогазу в газових котельнях, очищення його від супутніх газів, в основному від CO_2. Позитивними моментами слід вважати те, що метан, одержаний із органічних відходів шляхом анаеробного зброджування, найменше шкодить

довкіллю порівняно з іншими видами біопалива, бензином та дизелем. Реалізація одного із найбільш наближених до промислових масштабів проектів [10] показала економічну доцільність та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Деякі компоненти палива можна виділяти безпосередньо із одноклітинних організмів та рослин. Наприклад, існують рослини, що накопичують у своїй масі 10 % і більше вуглеводнів – каучуконоси, рослини родини молочайних, що синтезують природний латекс. Останній являє собою 30 % емульсію масла і терпенових вуглеводнів з молекулярною масою 10000-20000 в.о., тоді як у каучуку вона складає 1-2 млн в.о. Із масла шляхом каталітичного крекінгу одержують вуглеводні та горючі масла. Перспективним вважають культивування представників р. *Euphorbia,* що накопичують до 30% мас. латексу з низькою молекулярною масою [1].

Мікроводорості *Botryococcus*, *Isochrysis*, *Nanochloropsis* накопичують до 80 % (в перерахунку на суху масу клітин) вуглеводнів з довжиною вуглецевого ланцюга C_{17}-C_{34}. Їх можна вирощувати як у вигляді чистої культури, так і у біоставках, де проводиться доочищення стічних вод.

Із біомаси водоростей вуглеводні виділяють екстракцією органічними розчинниками з наступною відгонкою розчинників та вуглеводнів або центрифугуванням. Наприклад, цікаву властивість мають *B. braunii*, в яких вуглеводні накопичуються у клітинній стінці. Після центрифугування клітини не руйнуються і їх можна повторно використовувати [1]. Для покращення паливних характеристик одержані таким шляхом вуглеводні гідрують, в результаті чого отримують речовину, відому як «біонафта», аналогічну за своїми властивостями до дизельному палива або керосину. Слід відмітити, що цей термін використовується також по відношенню до продуктів, одержаних із деревини термічною та термохімічною конверсією (рис. 3.1).

Серед інших перспективних, але, на наш погляд, досить віддалених за термінами реалізації біоконверсійних підходів до підвищення ефективності перетворення сонячної енергії на енергоресурси слід відмітити наступні:

− Перетворення фотосинтезованої біомаси у водень;

− Модифікація самого процесу фотосинтезу, де продуктом буде водень або інший горючий газ, при цьому обійшовши стадію фотоасиміляції CO_2 та синтезу компонентів клітини;

− Пряме перетворення енергії Сонця в електричну за допомогою біофотоелектричних перетворювачів енергії.

Хоча перелічені технології ще не вийшли за межі наукових лабораторій, можливо, що у випадку виникнення гострої кризи енергоносіїв, як це трапилося в 70-ті рр. XX ст., знайдуться інвестори, що визнають їх економічно вигідними і доведуть їх до промислового втілення.

3.2 Брикетування

Прикладом комплексної технології переробки відходів тваринництва та птахівництва з виробництвом брикетів, або переробкою на енергію методом термохімічної конверсії, доведеної до практичного втілення, є технологія VacuumEcoDry [11]. Одну з основних проблем, що виникає при утилізації багатотоннажних відходів тваринництва і птахівництва, - видалення надлишку вологи – здійснюють шляхом вакуумної відгонки. Розробники пропонують проводити процес розділення вихідної сировини вологістю аж до 99% в діапазоні температур від 40 до 90ºС та тиску від 30 до 250 мм рт. ст. на три складові:

1. Сухе органічне добриво, корм, паливо вологістю до 1 %. Всі ці продукти можна без будь-якої додаткової обробки використовувати відповідно до призначення;
2. Воду, придатну для подальшого використання;
3. Екологічно безпечні вихлопні гази.

Сушіння відходів проводиться у вакуумному об’ємі. Цей процес енергоємний, це основна стаття технологічних витрат даної технології. У якості первинного енергоносію пропонується використовувати електроенергію, природний газ. Знизити собівартість можна за рахунок підігрівання газом, що утворюється в результаті побічних біологічних процесів, відпрацьованим паром, гарячою водою.

Сама технологія достатньо нескладна і не потребує особливої підготовки сировини (сушіння, сепарації тощо). Вихідний продукт надходить через приймальний бункер у вакуумну камеру для сушіння. Подавання сировини здійснюється у об’ємах, строго погоджених з виробничою потужністю обладнання. У процесі сушіння субстанція рухається за допомогою транспортерів по теплообмінникам. В процесі нагрівання сировинного матеріалу відбувається його закипання з подальшим розділенням на три складові, як вказано вище. Далі осушений кінцевий продукт надходить у розвантажувальну камеру – збирач готової продукції. Готову продукцію вигружають у неперервному режимі шнековим транспортером, що подає субстрат на

лінію грануляції, а далі – на пакування, де фасується у мішки по 50 л або big-bag.

До переваг даного методу утилізації органічних відходів та його технологічного оформлення слід віднести гнучкість та універсальність щодо складу вихідної сировини та її вологості, а також тривалість зберігання та наступного застосування готового продукту чи у вигляді добрива, чи як кормової добавки.

На наш погляд, певні сумніви описана технологія викликає стосовно повноти дезактивації насіння бур'янів, яких у пташиному посліді, гної завжди багато, та забезпечення стерилізації кінцевого продукту.

3.3 Одержання синтез-газу

ТОВ «ЦентрИнвестПроект» (РФ) [12] пропонує технологію термохімічної конверсії для переробки гною, відходів тваринництва, посліду у синтетичний або генераторний газ – суміш CO та H_2 з теплотворною здатністю 1200 Ккал – альтернативу природному газу, мазуту та вугіллю у парових котлах, дизельному паливу в дизель-генераторах. Синтез-газ із установок утилізації гною БиоРЕКС, за переконанням авторів розробки, може також слугувати універсальною сировиною для органічної хімії, включаючи виробництво моторного палива (бензину та дизельного палива) так званого «другого покоління».

Комплексна технологія БиоРЕКС, принципова схема якої показана на рис. 3.3, дозволяє переробляти відходи з високою вологістю, аж до 90 %. Що важливо, крім стаціонарних, технологію можна, за словами розробників, реалізувати в автономних, модульних та мобільних варіантах, що не потребують підключення до інженерних комунікацій, капітального будівництва та тривалого підготовчого циклу.

Компонувальна схема типового проекту показана на рис. 3.4. Гній, що надходить на переробку, зважують на ваговій платформі (1), розташованій над приймальним люком. Зважування здійснюється в автоматичному режимі. Далі відходи подаються шлюзовим живильником, який забезпечує повну герметичність вакуумного підігрівача, на модуль сушіння (2). Тут гній з вихідною вологістю 80-90 % та температурою 20ºС надходять у вакуумний підігрівач конденсаційного типу, де при тиску 0,07 МПа температура підвищується до закипання (39ºС). Випарувана волога відводиться водо-кільцевим насосом, який створює розрідження.

Рисунок 3.3 – Принципова схема технології БиоРЕКС для переробки відходів тваринництва та птахівництва

Слід відмітити, що надлишок пароподібної води (18 %) потрібно видалити для досягнення вологості сировини 15 %. Далі підігрітий та підсушений на першій стадії сушіння гній нагнітається гвинтовим насосом у високотемпературний підігрівач та рухається під тиском 2,5-3,5 МПа. Тут сировина нагрівається до 224ºС циркулюючим у сорочці високотемпературним теплоносієм з температурою 250ºС.

Потім гній через дроселюючий патрубок розкидається у бак, що знаходиться під атмосферним тиском. Тут при скиданні тиску відбувається випаровування вологи (23 % її вихідної кількості). Насичена пара, яка виділилася у баку, надходить на утилізацію у вакуумний підігрівач, де конденсується та охолоджується до 60ºС, віддаючи тепло на сушіння гною на першому ступені.

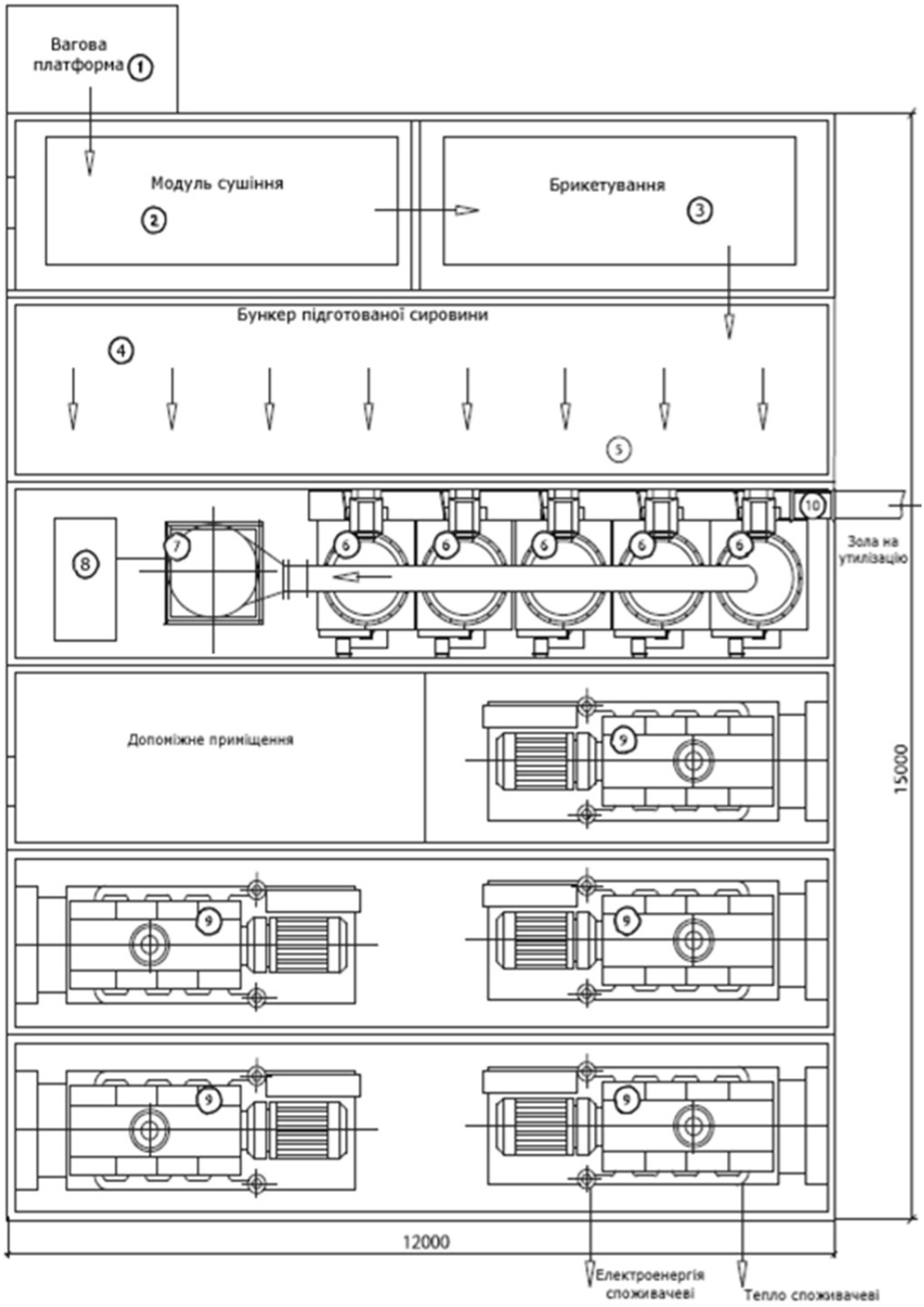


Рисунок 3.4 – Установка для переробки відходів тваринництва та птахівництва

Підсушений гній із баку перевантажується шлюзовим живильником у потік сушильного агенту (димові гази), який надходить із теплогенератора і пневмотранспортом подається разом з ним у валкову сушарку. Після висушування гній надходить на брикетування (3).

Проектна кількість відходів тваринництва, враховуючи їх вологість, які подаються на брикетування, складає 2570 кг/год. Після брикетування висушений гній надходить до бункеру підготованої сировини об'ємом 75 м^3 (4), що забезпечує добовий запас. Зовнішній вигляд брикетів показано на рис. 3.5.

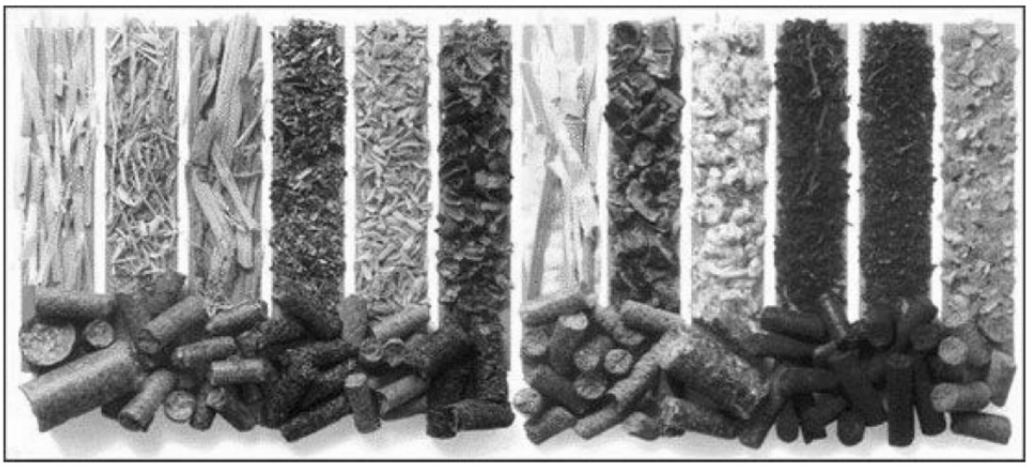
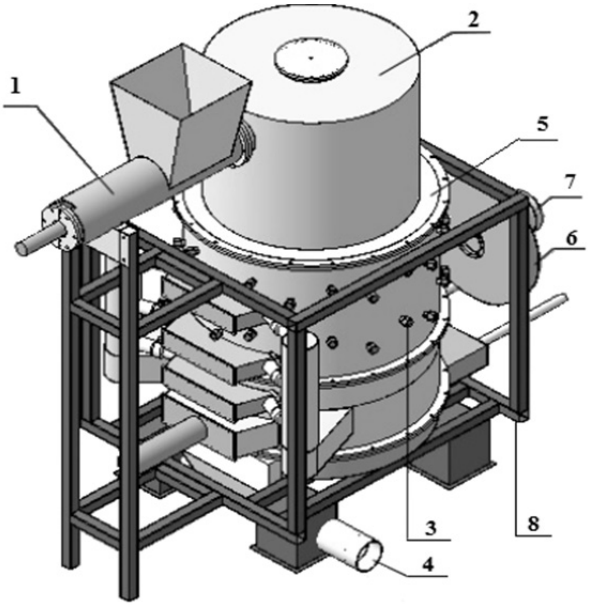


Рисунок 3.5 - Зовнішній вигляд пелет з різних видів біомаси

У бункері (4) брикетована сировина переміщується до шнекового каналу (5), яким маса надходить до реакторів термохімічної конверсії (6) для вироблення горючого газу. У бункерах та на лінії сортування створюється розрідження повітря для перепони розповсюдженню неприємних запахів. Із реакторів парогазова суміш надходить до апарату вихрового газоочищення (7), де звільняється від домішок пари, частинок золи та масел. Відібрані з пари домішки автоматично збираються та повертаються у бункер підготованої сировини на допалювання. Очищений газ надходить до теплообмінного апарату (8), де охолоджується з 140 до 40ºС. Далі охолоджений та очищений синтез-газ надходить у дизель-генератори (9) для виробництва електроенергії. Вихлопні гази дизель-генератору з температурою 600ºС збираються та частково направляються у реактори термохімічної конверсії (6), а частково – на теплообмінний апарат. Зола, яка утворюється в процесі конверсії, видаляється із реактору (6) автоматично при 100-120ºС та надходить до пристрою електромагнітної активації (10) для видалення із складу золи домішок металів. Розділені зола та метали надходять у накопичувальні бункери об'ємом 1 м^3. У модулях передбачена звукоізоляція та вентиляція.

Головним елементом даної технології, що зумовлює ефективність термохімічної конверсії у цілому, є ректор швидкісної високотемпературної конверсії БиоРЕКС з повітряним дуттям та зворотним відбором гагу, принципова схема якого показана на рис. 3.6.



Основні конструктивні елементи реактору:
1 – гідравлічний прес подачі сировини; 2 – зйомна кришка реактору;
3 – дуттьові фурми; 4 – гідравлічний прес відбору золи; 5 – корпус;
6 – проточний вентилятор; 7 – аеродинамічний перетворювач;
8 – рама.

Рисунок 3.6 – Схема реактору БиоРЕКС

Перевагами описаної технології, на наш погляд, є вдала конструкційна компоновка обладнання, що займає мінімум площі, досить висока продуктивність, екологічність. Проте слід відмітити, що навіть модульна установка потребує професійного монтажу та обслуговування, досить значних інвестицій. Тому дозволити собі таку установку, судячи з виробничої потужності навіть однієї нитки, можуть тільки крупнотоварні ферми чи птахофабрики, які й будуть споживати вироблену електроенергію та тепло. Крім того, потрібно вирішити проблему утилізації золи та металів, що будуть накопичуватися як вторинні відходи.

3.4 Виробництво водню

Водень як паливо відноситься до найбільш енергомістких та екологічно безпечних різновидів. Біоконверсія може бути застосована для його виробництва на основі мікроводоростей та анаеробних бактерій (зокрема, р. *Clostridium*) з виробництвом водню та кисню.

Перший етап біоконверсії - водорості традиційно виробляють фотосинтетичний кисень та глюкозу:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{h\nu} C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

Бактерії в процесі анаеробного бродіння виробляють з глюкози водень:

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \xrightarrow{\text{анаеробний процес}} 2CH_3COOH + 2CO_2 + 4H_2.$$

Максимальний К.К.Д. утворення водню складає 33 %, що перевищує аналогічний показник для процесу електролізу води (20%), але значно поступається показникові при конверсії в метан (до 85%) [1]. Згадується також про можливості одержання водню шляхом прямої мікробіологічної чи ферментативної конверсії органічних відходів, наприклад, молочної сироватки. Так, деякі фототрофні бактерії синтезують водень у присутності донорів електронів – органічних сполук, сірководню, меркаптанів тощо. Для порівняння, швидкість утворення газоподібного водню пурпурними фототрофними бактеріями *Rhodobacter capsulatus* сягає 300 $см^3$/год·г сухої речовини стічних вод. Використовуючи у якості донору електронів лактат, із 1 кг його можна одержати до 1350 $дм^3$ H_2; К.К.Д. конверсії світлового потоку при цьому сягає 2,0-2,8 % [1].

Показано також принципову можливість одержання водню за допомогою біоконверсії з використанням ціанобактеру, причому для цього потрібне тільки сонячне світло та молекули води для донори електронів. Деякі різновиди ціанобактерій можуть проробляти це й в аеробних умовах. За розрахунками, К.К.Д. цієї технології може сягати 10 % [1].

Біопаливна система, що складається з хлоропластів ціанату та бактеріальних екстрактів, які містять гідрогеназу, може при опроміненні світлом видимого діапазону виділяти водень з високою ефективністю, якщо транспорт електронів здійснює ферредоксин:

$$2H^+ + 2\bar{e} \xleftrightarrow{\text{гідрогеназа}} H_2.$$

Недоліком цього привабливого з точки зору дешевизни вихідної сировини та технології методу є нестабільність ізоляту гідрогенази та швидке її інгібірування воднем та киснем. Частково цю проблему можна вирішити іммобілізацією ферменту. Що попередить інгібірування киснем. Очікується, що така стабільна система, що працює на принципі фотолізу води, використовуючи світловий потік з енергією 10^6 Дж/$м^2$ за добу при інтенсивності освітлення 100 Вт/$м^2$ зможе генерувати 90 $дм^3$ H_2 на 1 $м^2$ робочої поверхні, або біля 3 кг H_2/$м^2$·рік енергоємністю ~ 400 МДж [1].

Відомо, що фототрофні азотфіксуючі бактерії *Rhodopseudomonas* sp. Виділяють водень за участю ферменту нітрогенази:

$$N_2 + 8H^+ + 8\bar{e} + n\text{АТФ} \xleftrightarrow{\text{нітрогеназа}} 2NH_3 + H_2 + n\text{АДФ} + nPO_4^{3-}.$$

Але за умов відсутності азоту нітроген аза задовольняється іншим окисником, перетворюючи йони H^+ на H_2. Штами цих мікроорганізмів з нітрогеназою, що не утилізує N_2, можуть бути ефективними продуцентами водню [1].

Розглядається також можливість використання гало бактерій і білку бактеріородопсину, який вони синтезують, для створення ефективних фотоелектричних біопалив них систем.

Таким чином, для одержання енергії та палива можна використовувати як спеціально вирощену біомасу, так і органічні відходи для переробки їх аеробними та анаеробними методами біоконверсії. Зрозуміло, що пряма конверсія у теплову енергію – процес аеробний, а біоконверсія у паливо з одержанням біоетанолу, біогазу, розчинників (бутану, ацетону) – анаеробний.

3.5 Пряма біоконверсія у теплову енергію

Важко провести межу, що принципово розділяє компостування органічних відходів та їх конверсію у теплову енергію, бо базуються вони та спільному принципі – аеробному окисленні за участю мікроорганізмів (рис. 3.7). к.к.д. таких установок сягає 95 % [1].

Шлам, що залишається після конверсії, можна використати у якості органо-мінерального добрива.

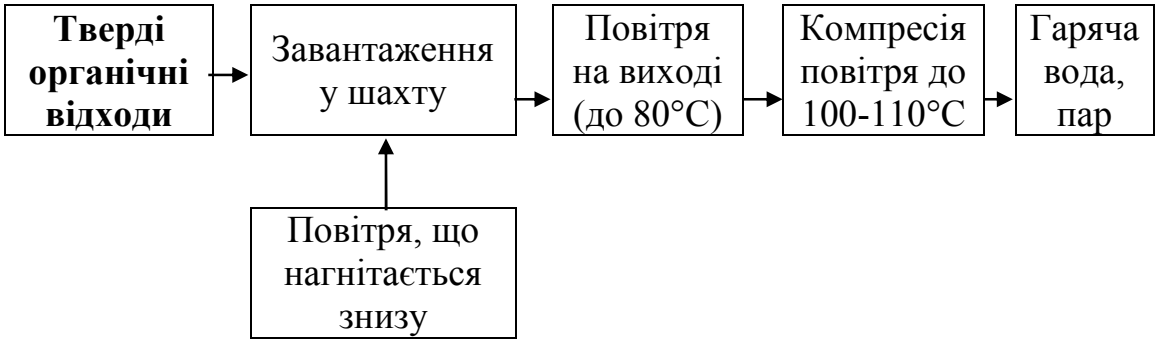


Рисунок 3.7 – Принцип біоконверсії органічної речовини (в т.ч. відходів) у теплову енергію

Група компаній із Канади [11] є власником оригінальної технології BPS та випускає обладнання для перетворення курячого посліду у сухе паливо та одержання із нього теплової та

електроенергії. Аналогічно до вищеописаних принципів, конверсія органічних відходів починається із видалення надлишку вологи. У даному випадку сушіння та дезінфекцію посліду проводять одночасно з його механічним подрібненням за рахунок наступних процесів:

1. Вологий матеріал завантажується у роторну камеру, де під дією кінетичної енергії ротору, який обертається з кутовою швидкістю 640 км/год. відбувається відшарування води від зовнішньої поверхні шматків сировини. В процесі подрібнення поверхня вологого матеріалу постійно оновлюється, нові шари води відділяються та видаляються.

2. Паралельно реалізується «напівтермічний» механізм, так як кінетична енергія ударів частково перетворюється у теплову, прогріваючи частинки в короткий проміжок часу вище 100ºС, тому вода перетворюється на пару. Остання тут же конденсується у дрібні краплі, так як всередині камери температура не перевищує 90ºС. Тому видалення вологи відбувається без застосування зовнішнього нагрівання, тільки за рахунок дії механічних сил.

3. Температура повітря всередині камери коливається між 70 та 90ºС, так як ротор нагрівається від тертя протягом процесу подрібнення та аеродинамічного нагрівання повітря. Дуже високий коефіцієнт тепло- та масопередачі внаслідок вкрай високих прискорень частинок забезпечує практично миттєву передачу вологи від частинок у навколишнє повітря. Велика сумарна поверхня площа частинок також сприяє високій передачі маси вологи. Цей процес - чисто термічний.

Знищення хвороботворних бактерій відбувається в основному за рахунок впливу кінетичної енергії та кінетичного нагрівання частинок під час їхнього удару об поверхню відбивних пластин, ротору та стінки камери. Температура частинок піднімається вище рівня, необхідного для пастеризації бактерій. Крім того, стінки бактеріальних клітин руйнуються від величезного прискорення, що діє на них. Рівень запаху висушеного курячого посліду після камери набагато слабший, чим до обробки, що свідчить проте, що більшість бактерій загинуло.

Зовнішній вигляді посліду до обробки з вологістю біля 30 % і після неї, коли продукт має вологість 10-12 %, показано на рис. 3.8.

Висушений послід далі можна використовувати або для виробництва добрив, або спалювати. Останній процес у описаній технології проводиться у пилових топках, призначених для ефективного та повного спалювання видів палива, які важко згоряють,

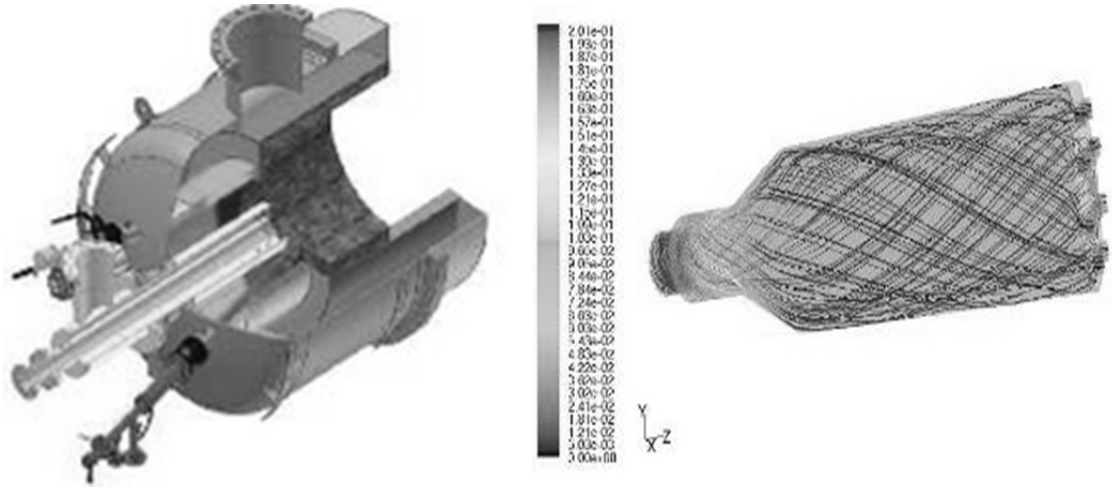
у відповідності з самими жорсткими вимогами нафтохімічної промисловості.

А **Б**

Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд посліду до обробки (А) з вологістю біля 30 % та висушений і подрібнений порошок після обробки в роторній камері (Б) з вологістю 10-12 %.

Ці системи зарекомендували себе надійними та високоефективними у промисловому застосуванні, їх викид відповідає самим високим екологічним стандартам, причому забезпечується 100 % спалювання біомаси. Їх перевагами також є компактний дизайн та рівномірний розподіл температур всередині зони горіння завдяки екстремально короткому та чітко окресленому конусу горіння (рис. 3.9). Порошковидне паливо надходить у паливну камеру через інжектор. Вихороподібне обертання повітря, яке подається у тапку, створюється за рахунок спеціальних лопатей, встановлених у основі топки. Повітря, струмінь якого швидко обертається, створює циркулюючий вихор всередині топки, що забезпечує інтенсивне перемішування пиловидного палива та повітря. Топка може працювати у комплексі з будь-якими паровими котлами, за запевненнями авторів.

До переваг конструкції топки слід віднести й здатність досягати повного спалювання при мінімальному надлишку повітря (всього 2 %). Але знову є таки, як і при будь-яких тепло конверсійних схемах утилізації біомаси, виникає питання утилізації золи, яка неодмінно є побічним продуктом спалювання.



А **Б**

Рисунок 3.9 – Схематичний вигляд пилової топки (А) та температурні ізотерми всередині камери згоряння (Б)

3.6 Виробництво біодизелю

Для виробництва біодизелю традиційно у світі найбільш вживаною сировиною є олійні сільськогосподарські культури (ріпак, гірчиця, соняшник, кукурудза). Із рідких продуктів біологічного синтезу, що використовуються у якості палива, найбільше практичне значення мають метилові ефіри жирних кислот рослинної олії (біодизель), а також біоетанол та біобутанол.

Рослинна олія може використовуватися у чистому вигляді для дизельних двигунів після модернізації (потрібен додатковий пристрій для вприскування олії). Омиляючи олію метанолом чи етанолом з наступним відділенням метилових чи етилових ефірів жирних кислот від гліцерину, одержують більш ефективне з зору огляду на експлуатаційні характеристики та довговічність роботи двигунів моторне паливо біодизель.

З точки розу хімічної технології для виробництва біодизелю в принципі може бути придатною будь-яка сировина, у тому числі й органічні відходи, до складу яких входять вуглеводні, які в подальшому можуть бути трансформовані у алкани лінійної будови – рідкі та газоподібні горючі речовини (синтетичне паливо).

Автори [20] наводять такі власні дані щодо виходу синтетичного палива з різних видів відходів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Усереднені дані щодо виходу рідкого та газоподібного синтетичного палива із різних видів відходів [20]

№ з/п	Вид відходів	Вихід синтетичного палива, % на суху речовину	
		рідке	газоподібне
1.	Тирса із деревини	34	26
2.	Курячий послід	30	28
3.	Грій свинячий	20	27
4.	ТПВ міських звалищ*	28	31
5.	Пластмасові відходи**	45	Не менше 30
6.	Неметалічні відходи від утилізації автомобілів**	40	
7.	Мулові відклади водоочищення (міські та промислові)**	30	

* Дані одержані на пілотній установці;

** Лабораторні дані.

За висновками авторів [20], для переробки на синтетичне паливо придатні такі види органічних відходів:

- ТПВ міських звалищ;
- Відходи пластику;
- Неметалічні відходи від утилізації автомобілів;
- Рослинні та мінеральні оливи використані;
- Органічні відходи промислових виробництв;
- Відходи нафтопереробки;
- Відходи сільського господарства;
- Відходи зоотехнічні (тваринні);
- Мул від водоочищення міських та промислових стоків.

Авторами роботи [2] повідомлено про вельми обнадійливі результати дослідження використання органічних відходів українських спиртових виробництв як компонентів синтезу біодизелю – зокрема, алкілових ефірів насичених і ненасичених карбонових кислот із кукурудзяної олії. За даними дослідження, додавання цих відходів знижує собівартість цільового продукту, дозволяє виключити з технології токсичний метанол та частково зменшити площі родючих земель, що відводяться в Україні під поля фільтрації для зберігання значних кількостей спиртової барди.

Технологія виділення екстрагенту C_5 із сивушної фракції ректифікації етанолу із спиртової барди, апробовану на ДП «Немирівський спиртовий завод» для концентрування кукурудзяної олії методом дробної та ректифікаційної перегонки, захищена патентом України [21]. Сивушна фракція розділялася методом

відгонки на двох установках, які відрізнялися температурними інтервалами відбирання фракцій, складом відібраних спиртових фракцій, а також тривалістю проведення процесу розділення. Друга стадія технології полягає у тому, що з відфільтрованої спиртової барди розчинником (C_5), отриманим під час ректифікації сивушної фракції [22], а концентрована кукурудзяна олія поступала на стадію переетерифікації, що проводилася в реакторі періодичної дії з перемішуванням.

Описані технології базуються на термохімічній конверсії (рис. 3.10) і мають ряд недоліків. Омилення проводять у лужному середовищі, тому виникає проблема утилізації значних об'ємів лужних промивних стоків з високим показником ХСК (до 80000 мг/дм^3), які треба нейтралізувати та очищати від органіки.

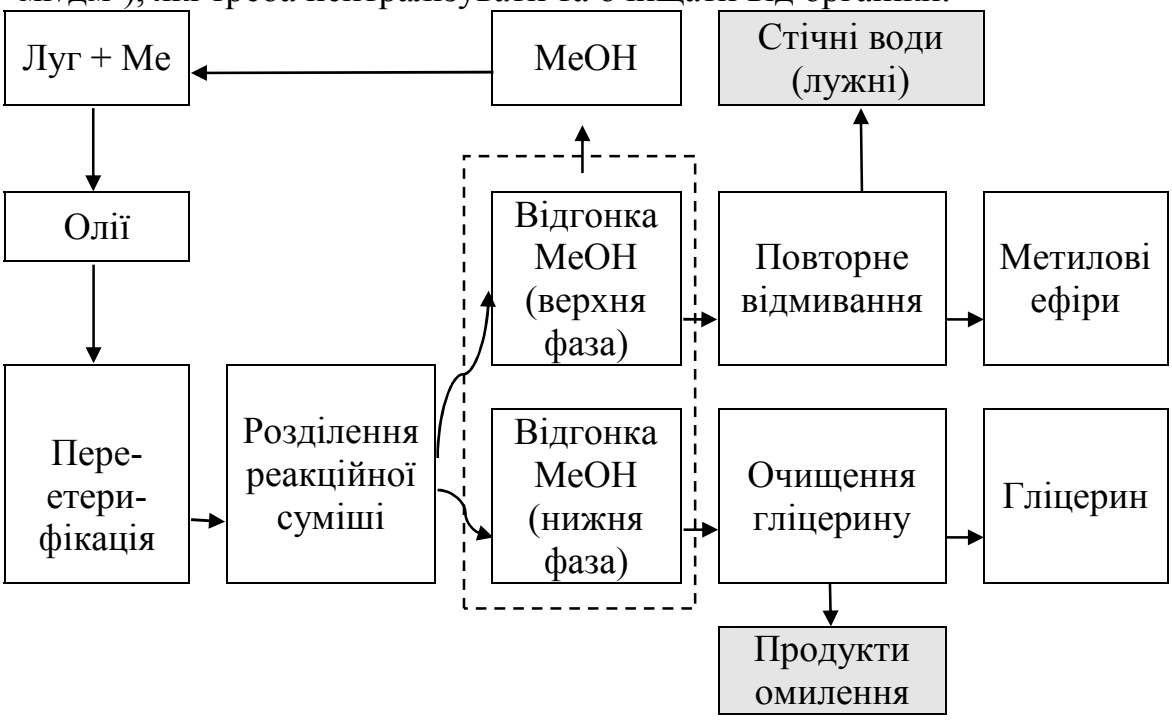


Рисунок 3.10 – Схема лужного способу термохімічної конверсії одержання біодизелю [23]

Альтернативою може бути ферментативний спосіб омилення рослинних олій з використанням ферменту ліпази [23], схему якого представлено на рис. 3.11. Його переваги порівняно з хімічним полягають у тому, що потрібно менше енерговитрат, спрощується розділення очищених продуктів (ефірів та гліцерину), але в цілому витрати на виробництво вищі внаслідок значної вартості ферменту. Тому здешевлення даного процесу слід вбачати у підвищенні

стабільності ліпаз, їх стійкості до метанолу та збільшення швидкості ферментативної переетерифікації.

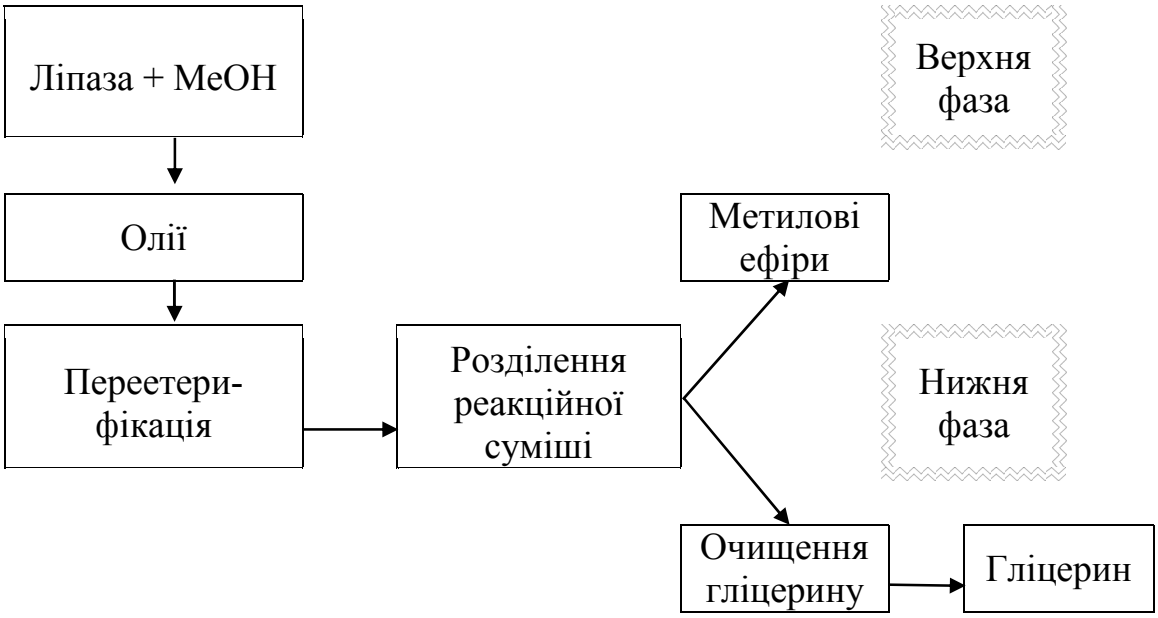
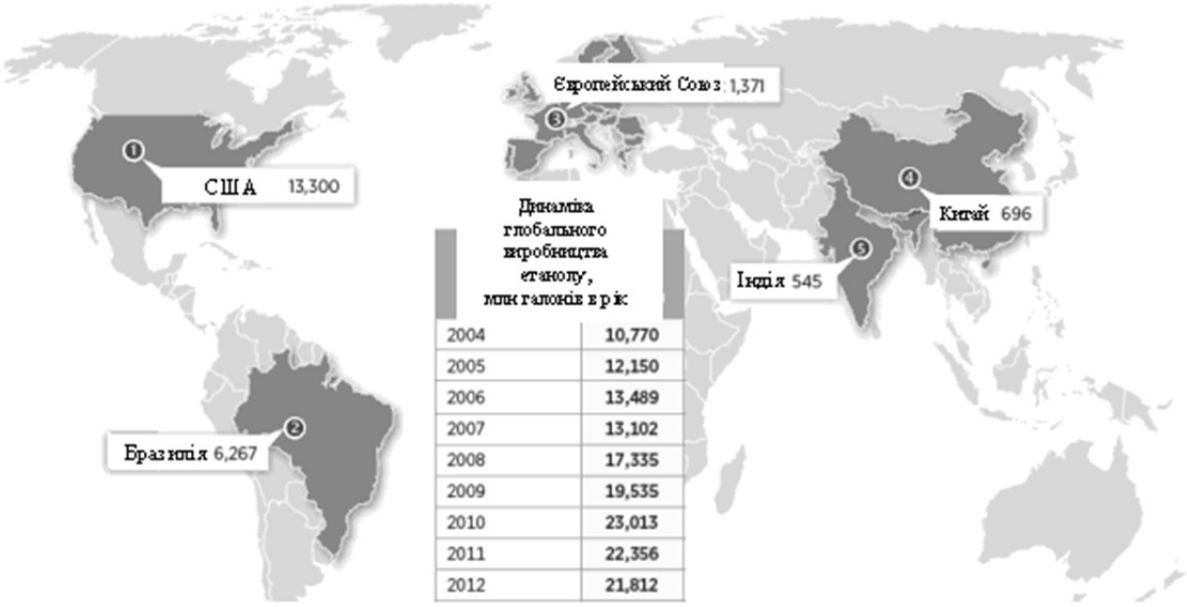


Рисунок 3.11 – Схема ферментативного способу одержання біодизелю [23]

3.7 Виробництво біоетанолу



Традиційна технологія зброджування рослинної сировини та відходів, що містять вуглеводи, використовується для виробництва етанолу як різновиду палива. Єдина особливість у порівнянні з

харчовою чи технічною продукцією полягає у тому, що етанол потрібно абсолютизувати, тобто повністю видалити з нього воду, щоб уникнути проблем з водним конденсатом та розшаруванням паливної суміші у баку машини. Біоетанол використовують як паливо для двигунів внутрішнього згоряння як у чистому вигляді, так і у суміші з бензином. Суміш 10-20 % етанолу та 80-90 % бензину відома як газохол. Додавання біоетанолу підвищує октанове число палива, забезпечує його більш повне згоряння, знижує кількість шкідливих викидів. Недоліки етанолу як палива – менша енергоємність та більші витрати у порівнянні з бензином, висока гігроскопічність, що приводить до розшарування палива, корозією та утворенням льоду, підвищений викид альдегідів у довкілля. Суміші біоетанол з бензином можна використовувати на автомобілях з бензиновим інжекторним двигуном після незначної модернізації.

У різних країнах у якості сировини для виробництва біоетанолу використовують харчові культури (кукурудза, пшениця, цукрову тростину, маніок тощо). Попит на біоетанол формується дефіцитом нафти. Літо 2012 р. видалося надзвичайно жарким в 15 штатах США, де внаслідок спеки вигоріли більшість посівів кукурудзи, ріпаку, сої, пшениці. За повідомленнями СМІ, це мало наслідком не тільки значне зростання цін та продовольчому ринку (наприклад, ціна пшениці зросла в середньому вдвоє), а й на ринку моторного палива. Виявляється, що практично на всій території США закон вимагає додавати до бензину біоетанол, який також зріс у ціні внаслідок посухи. «Енергетичний Білль», прийнятий в США, законодавчо вимагає використання 23 млн т біопалива (в основному, біоетанолу та біодизелю) в 2012 р. та 108 млн т біопалива до 2022 р.

Ринок біопалива та економічні аспекти його виробництва

Біодизель використовують у чистому вигляді або у суміші з традиційним паливом – до 30 % біодизелю – до 70 % звичайного дизельного палива. На етерифікованій олії можуть працювати звичайні дизельні двигуни без переоснащення.

Біодизель має високе цетанове число (воно характеризує характер горіння паливної суміші; оптимальна робота стандартних двигунів забезпечується при значенні цетанового числа 40-55), однак дещо поступається дизельному паливу за експлуатаційними показниками розходу палива, потужності двигуна, корозійною активністю, хімічною стабільністю та можливістю утворення та відкладення продуктів самодовільної полімеризації та зважених частинок у систем подачі палива. Крім того, при зниженні температур

повітря нижче -15°С до біодизелю, як і до традиційного палива, треба додавати депресанти для попередження його згущення.

В Україні є практика продажу біодизелю, зокрема, виробленого одним із структурних підрозділів Національного університету біоресурсів і природокористування України, проте це поодинокі випадки, що не роблять погоди на ринку моторного палива України. Причому відгуки водіїв, що зважилися перейти на біодизель, важко назвати однозначно позитивними [24]. Зрозуміло, що в РФ на сьогодні біопаливо в значних масштабах не виробляється та не використовується.

У Європі для виробництва біодизелю використовують, в основному, технічні сорти ріпаку з високим (більше 25-30 %) вмістом мононенасиченої ерукової кислоти ($C_{21}H_{41}COOH$), яка підвищує стійкість палива до окислення. Такі сорти ріпаку непридатні для використання у харчових цілях, так як у харчовій олії вміст цієї кислоти не повинен перевищувати кількох відсотків. Відомо, що ерукова кислота не утилізується ферментною системою ссавців та має тенденцію накопичуватися у різних тканинах, уповільнюючи ріст та настання репродуктивної зрілості організму.

Значно рідше для виробництва біодизелю з економічних міркувань використовують олію суріпки, соняшника, кукурудзи, індау, крамбе, бо технологія їх вирощування дорожча за ріпакову. Можна використовувати також ліпіди, що синтезуються та накопичуються мікроорганізмами, для виробництва біопалива. Однак одержання такого «мікробного біодизелю» в 3-6 разів дорожче, чим його одержання із олійних культур [1].

Німеччина виділяє під ріпак біля 10 % сільгоспугідь. В 2012 р. в Німеччині планується зібрати 5,16 млн тон ріпаку, що на 33 % більше, ніж у попередньому році. При врожайності ріпаку до 30 ц/га виробляється до 1300 л/га біодизелю. Відходи його виробництва переробляють у білковий корм [25].

Серед всіх видів біопалива біодизель найдешевший і його ціна співставна з ціною звичайного дизельного палива (біля 1 € за 1 л). «Зелені» політики та партії підкреслюють, лобіюючи режим найбільшої податкової сприятливості виробникам біодизелю, такі його екологічні переваги, як нешкідливість для природної біоти, біодеструкція, низький вміст сірки, менші викиди сажі, неповністю згорілих вуглеводнів, оксидів азоту, CO та CO_2.

Першою країною, яка розпочала повномасштабне виробництво етанолу як автомобільного палива, стала Бразилія. Етанол вироблявся із цукрової тростини. Відносно невисока ринкова вартість тростини,

використання тростинного жому у якості палива на самих підприємствах з виробництва етанолу та висока вартість нафти дозволяла конкурувати біоетанолу з бензином. На сьогодні значна площа оброблювальних земель в цій країні зайнята під тростину, вирощувану для виробництва етанолу. Відпускна ціна біоетанолу в Бразилії в 2006 р. складала 0,27 $/л, в США – 2,25 $/л.

Біоетанол з кукурудзи у значних кількостях виробляється в США, де періодично утворюються величезні надлишки кукурудзи, і одержання із неї етанолу дозволяє вирішити проблему реалізації врожаю та знизити залежність від імпорту нафти. Для стимулювання виробництва етанолу у якості моторного палива введено податкові пільги, які компенсують продавцям збитки у випадку, якщо вони продають етанол за ціною бензину.

До 2010 р. в країнах Євросоюзу частка палива із відновлювальних джерел, в першу чергу біоетанолу, складала біля 5,8 %.

За прогнозом міжнародної енергетичної асоціації, світове виробництво біоетанолу в 2020 р. складатиме біля 100 млн т у нафтовому еквіваленті. Міжнародна асоціація повітряного транспорту планує замінити до 2015 р. до чверті нафтового палива, яке споживається літаками, на біопаливо або синтетичне паливо, а до 2030 р. – на третину.

В Росії технічний етанол виробляється із гідролізатів деревини, які одержують в результаті перколяційного гідролізу рослинної сировини та відходів (деревної тирси, щепи, рисового та соняшникового лушпиння, кукурудзяних качанів тощо) в умовах високої температури (160-200°С) та тиску 2-4 атм. у присутності розбавленої H_2SO_4. Незброджені C_5-цукри та уронові кислоти, що залишаються після відгонки етанолу, утилізуються з одержанням кормових дріжджів, вихід біомаси дріжджів складає 40 кг з 1 т деревини.

У колишньому СРСР протягом 1930-1970 рр. було побудовано кілька десятків гідролізних та гідролізно-дріжджових заводів, де одержували технічний етанол, кормові дріжджі, рідкий та твердий CO_2 (сухий лід), фурфурол, ксиліт та інші і продукти. Перевага використаної технології одержання етанолу полягала у тому, що не використовувалася харчова сировина – зерно. Із 1 т деревини хвойних порід одержували 170-180 л етанолу, при цьому вихід спирту складав біля 48 % від вмісту цукрів, що зброджуються, які містилися у гідролізатах. Слід відмітити, що вихід етанолу в 1 т листових порід був меншим внаслідок нижчого вмісту цукрів.

Гідролізат деревини, одержаний високотемпературним перколяційним гідролізом, – субстрат недоброякісний. Він містить багато речовин – інгібіторів розвитку мікроорганізмів, тому в промислових масштабах його використовують лише для виробництва продуктів зброджування (перш за все етанолу) та кормових дріжджів. В технологічному процесі не вдається переробляти гідролізати з високим вмістом цукрів. Сусло, яке подається на ферментацію, повинно містити не більше 3-4 % цукрів, тому і вихід етанолу становить всього 1,5-2 %, тоді як затрати на відгонку та ректифікацію спирту досить значні. Так, для відгонки 10 %-ного розчину етанолу потрібно використати 2,25 кг пару на 1 л 96 %-ного спирту, а 20 %-ного – вже 10 кг.

Іншим недоліком гідролізних заводів є їх висока капіталоємність (табл. 3.3), зумовлена необхідністю використання дорогих гідролізно-перколяційних апаратів, системи очищення гідролізатів, підготовки до ферментації. Крім того, технологічний процес супроводжується утворенням великих об'ємів твердих відходів гідролізного лігніну, проблема утилізації якого і до сьогодні не вирішена, та використовується великі об'єми технологічної води. Все це значно знижує екологічні переваги виробництва біоетанолу за вказаною технологією.

Низький вміст етанолу у забродженій сировині обмежує можливості одержання його з таких відходів, як, наприклад, нативна молочна сироватка. Технології переробки сироватки в етанол існують, але заброджена сироватка містить лише 1,5-2,5 % етанолу, і собівартість спирту-ректифікату виходить високою.

Інша сировина – зерно та картопля, меншою мірою меляса – також використовується для виробництва харчового етанолу. Із 1 т картоплі можна одержати до 100 л етанолу, із 1 т ячменю, пшениці або жита – 260-300 л [1]. При цих варіантах у збродженому суслі вміст етанолу складає 7-9 %, а затрати та відгонку відносно невисокі. Але харчова сировина дорога, його частка у собівартості продукту сягає 60-80 % (табл. 3.3). При цьому також утворюється велика кількість барди – рідкого відходу, що залишається після відгонки спирту. При собівартості харчового етанолу на російських заводах 14-18 руб./л (~0,45 $/л) при середній вартості зернової сировини 2200 руб./т, відпускна ціна етанолу при його одержанні із фуражного зерна складала 18 руб./л (станом на 2006 р.) [1].

До останнього часу в Україні етанол, одержаний із зерна чи картоплі, у якості палива практично не використовувався. Хоча, з огляду на величезну проблему відсутності сховищ для зберігання

картоплі, внаслідок чого більше половини рекордного врожаю 2011 р. просто згнило, а весною 2012 р. картопля продавалася значно нижче собівартості, перспективи виробництва біоетанолу можуть стати економічно привабливими.

Таблиця 3.3 – Типова структура витрат на виробництво етанолу на зерно-спиртових заводах (станом на 2005 р.), гідролізних заводах (станом на 1980-ті роки) та *н*-бутанолу (станом на 1980-ті роки)

№ з/п	Стаття витрат	Частка в собівартості, %		
		Харчовий етанол, зерно-спиртове виробництво	Технічний етанол, гідролізно-дріжджове виробництво	*н*-бутанол, на пшеничному борошні та мелясі (у співвідношенні 1:1)
1.	Сировина, хімікати та допоміжні матеріали	60	39	83
2.	Паливо та електроенергія, технологічна вода	4	28	13
3.	Заробітна плата з нарахуваннями	5	2	0,3
4.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання, включно з амортизаційними відрахуваннями	1	22	3,4
5.	Цехові, загально-заводські та інші витрати	39	9	0,3

Саме виробництво біоетанолу повинно бути екологічно чистим, ступінь утилізації відходів повинна бути високою, Енергетичні затрати на одержання спирту повинні бути суттєво меншими за ту енергію, яка міститься у самому спирті. Це співвідношення характеризується так званим коефіцієнтом EROEI – Energy Returned on Energy Inversed [26] – співвідношення енергії, що повертається, до енергії інвертованої – повинен бути суттєво більшим за 1. Порівняння величини даного коефіцієнту стосовно різних джерел енергії (рис. 3.12) свідчить про те, що все ж таки біоенергетика ще не може складати конкуренцію іншим традиційним енергоресурсам [26].

Вирішити проблему зниження собівартості біопалива можна, наприклад, за рахунок впровадження високотехнологічних схем виробництва з комплексною переробкою сировини. Варіант такого виробництва представлено на рис. 3.13 [1]. В ньому використовується

делігніфікована сировина, ферментативний гідроліз проводиться з утворенням гідролізатів з високим вмістом цукрів, що зброджуються, використовуються високопродуктивні та стійкі до дії етанолу штами мікроорганізмів та біореактори, що забезпечують високий ступінь конверсії вуглеводнів у етанол чи бутанол, енергозберігаючі системи зневоднення біопалива. Барда, як органічний відхід виробництва, використовується для виробництва біогазу або кормових дріжджів.

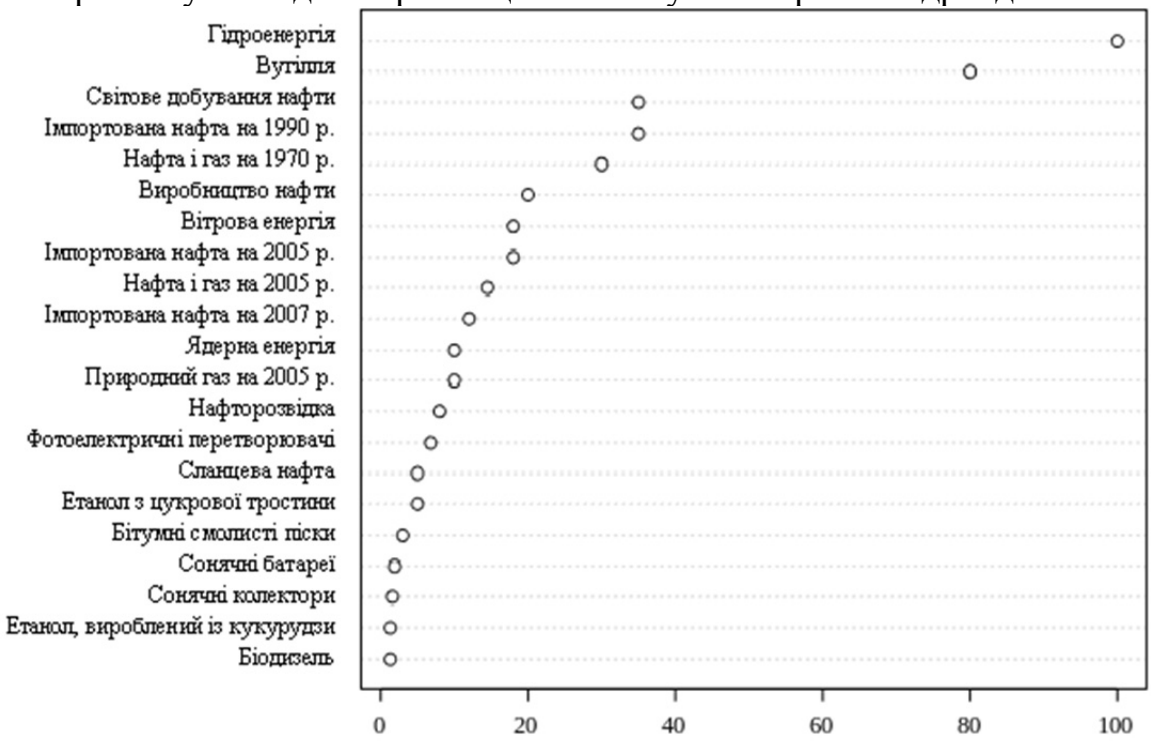


Рисунок 3.12 – Показник EROEI для США (на 2010 р.) [27]

Як висновок, слід відмітити, що райдужні надії світового співтовариства щодо «зіскакування з нафтової голки» за рахунок виробництва біодизелю та біоетанолу останнім часом значно зменшилися. Пов’язано це з розумінням наступних чинників:

- Вирощування енергетичних культур суттєво виснажує ґрунти, на відновлення родючості яких треба вкладати значні кошти, що перевищують прибуток виробництва біодизелю;
- Вирощування монокультур значно шкодить біорізноманіттю і порушує екологічний баланс сільськогосподарських угідь;
- Використання специфічних гербіцидів та інших агрохімікатів є однією з можливих причин масової загибелі корисних комах, зокрема, бджіл [28];
- Використання родючих земель не за прямим призначенням з епоху тотального дефіциту продовольства не є виправданим з моральної точки зору.

3.8 Виробництво біогазу

На наш погляд, при розгляді даного біоенергетичного напрямку слід перш за все погодитися з принциповим висновком виробничої біокомпанії [29] про те, що основна задача біогазових установок (БГУ) – це утилізація органічних відходів, а не одержання надприбутків від продажу енергоресурсів із поновлювального джерела. При створенні БГУ основною метою є знезараження та переробка відходів у безпечні для довкілля продукти.

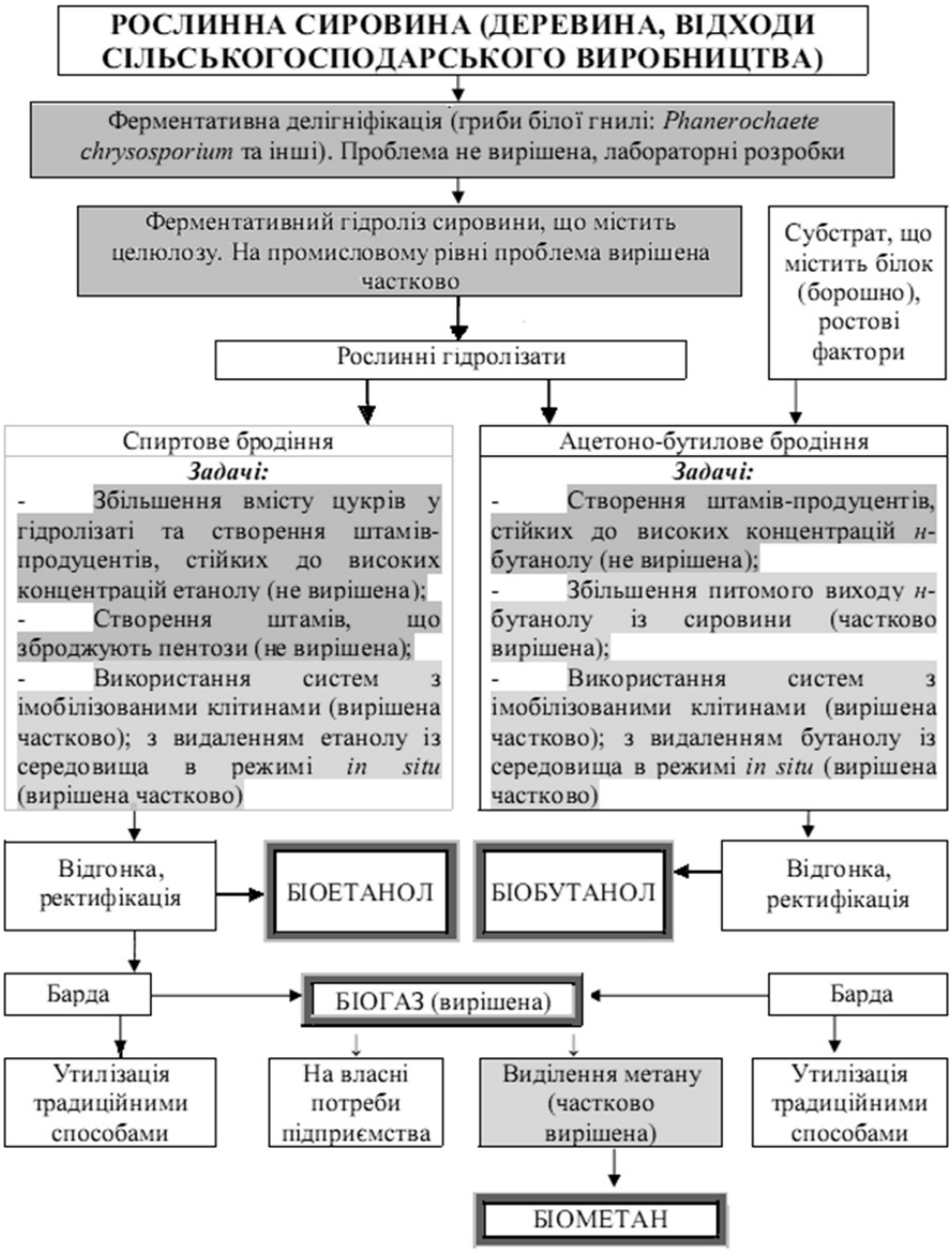


Рисунок 3.13 – Принципова схема високотехнологічного екологічно чистого підприємства з виробництва біопалива (на блок-схемі показана ступінь вирішення задачі зараз) [1]

Безперечним економічним плюсом для тваринників та птахівників, як відмічалося вище, є відмова від сховищ гною та гноївки (лагун). Рекламуючи БГУ, виробничників спокушають такими зрозумілими цифрами – якщо ви складуєте 1 т свинячого гною в день, ви при цьому втрачаєте 50 м^3 газу або 100 кВт електроенергії. Про те, яким буде шлях від гною до біогазу і енергії, і піде мова нижче.

Розглянемо розрахункові дані для свинокомплексу замкненого циклу на 5200 свиноматок (рис. 3.14). Автори [28] наводять такі результати:

- кількість біогазу – 12200 м^3/добу;
- кількість метану – 8000 м^3/добу;
- теплоємність метану – 9,94 кВт/м^3;
- електрична потужність – 1355 кВт;
- самоспоживання електроенергії – 5,9 % або 1900 кВт/добу;
- вихід «чистої» електроенергії – 30,6 МВт/добу;
- вихід теплової енергії – 349 МВт/добу;
- вихід добрива з вологістю 20 % – 25 т/добу.

Не всі вказані дані безсумнівні, проте з певним наближенням їх можна вважати відносно близькими до істини.

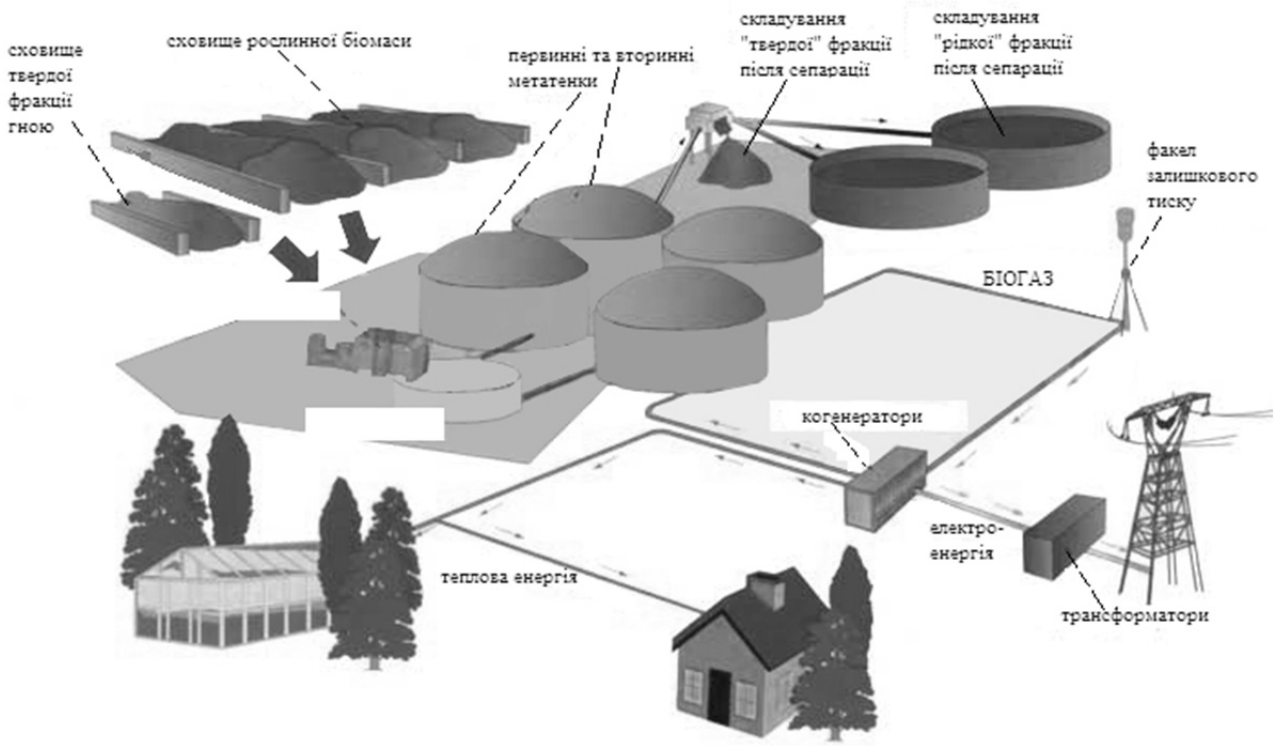


Рисунок 3.14 – Схема організації переробки органічних відходів на біогаз

На сьогодні у Європі зосереджено 44 % світової кількості біогазових установок (БГУ), а в Північній Америці – 14 %. Працюючі в країнах ЄС промислові БГУ за ознакою походження відходів, які в них використовуються можна розділити на кілька груп. Основним являються наступні три: агрохарчова група (67,5 %), група нехарчової промисловості (15 %) та непромислова група (9,6 %). В Італії з кінця 80-х років почали впроваджувати нове покоління БГУ, орієнтованих на переробку відходів свиноферм. НА 1998 рік було побудовано 5 централізованих БГУ та біля 50 фермерських [29] .

В Данії на жовтень 1999 р. діяло біля 20 централізованих БГУ, введених в дію в період 1984-1998 рр. В Німеччині працює біля 400 сільськогосподарських БГУ з об'ємом метантенка 600-800 м^3. З 1995 до 1998 р. було побудовано 8 централізованих біогазових заводів. На початок 1998 р. сумарна ємність всіх працюючих метантенків складала 190 тис. м^3 [29]. За оцінками експертів, в Німеччині існує необхідність у будівництві принаймні 220 тис. БГУ, із яких 86 % повинні переробляти гній. При реалізації цих планів частка біогазу повинна сягнути 11 % загального об'єму споживання газу в Німеччині.

В Австрії до 1997 р. діяли 46 БГУ переважно фермерського типу. В 1997 р. було введено у дію 10 установок фермерського типу та 5 крупних. Передбачається збільшити кількість установок до 150.

Дозволимо собі дати власний прогноз щодо зростання обсягів та інвестицій у біогазову область у світі. На нашу думку, у найближчому десятилітті ми навряд чи станемо свідками значного зростання частки біогазу в енергобалансі людства. Пов'язано це із стрімким збільшенням добування так званого сланцевого газу, значні запаси якого виявлено в самих різних не газоносних у традиційному відношенні регіонах світу. Так, зараз, за повідомленнями СМІ, відпускна ціна сланцевого газу в США складає 70 $/1000 м^3, що робить біогаз неконкурентним. Його виробництво може зрости тільки під тиском природоохоронного чинника.

У колишньому Радянському Союзі було здійснено розробку багатьох варіантів конструкцій БГУ, а також інших машин для переробки відходів сільськогосподарського виробництва, притому по суті єдиним центром цього напрямку був Запорізький конструкторно-технологічний інститут сільськогосподарського машинобудування (КТІСМ) [28].

Перші спроби створення БГУ в СРСР відносяться до 50-тих років XX ст., наступна хвиля спостерігалася в кінці 80-х – на початку 90-х. Але обидві спроби виявилися невдалими внаслідок того, що

біогаз за собівартістю виявився вп'ятеро дорожчим, ніж природний, тому розробки не пішли далі пілотних установок. Автори [29] вказують саме економічну складову основною причиною неуспіху цього напрямку утилізації органічних відходів. Так, за розрахунками, для малих та середніх фермерських господарств термін окупності складав 20-25 років.

Таким чином, на нашу думку і ряду інших дослідників, причиною очевидного факту відсутності зацікавленості в будівництві БГУ для дрібних сільгоспвиробників практично у всьому світі є відсутність економічного стимулу, а екологічний до розгляду приймається в останню чергу. Висновки очевидні – БГУ слід створювати тільки для крупних виробництв промислового типу, які, о слова, і являються найбільшими забруднювачами довкілля концентрованого типу.

Зараз в Україні створена Українська біоенергетична асоціація (УБА), участь в установчих зборах якої в 2001 р. прийняли проектні, промислові, сільськогосподарські підприємства, нові структури із 19 регіонів України, представники Мінагрополітики та НААН України.

За рядом оцінок експертів, в Україні може бути побудовано 2903 БГУ з середнім об'ємом метантенка 1000 м^3, включаючи 295 установок на свинофермах, 130 – на птахофабриках, і 2478 – на фермах ВРХ та підприємствах харчової галузі [30, 31].

Фінансування біогазової галузі України зараз відбувається тільки за рахунок закордонних інвестицій. Так, УБА одержала гарантії одержання 2 млн шведських крон у якості безоплатної технічної допомоги на обладнання БГУ. За участю німецьких інвесторів відновлюється свиноферма у Стрийському районі Львівської області, що буде обладнана БГУ. Потенціал біогазової області України достатньо значний навіть з огляду на різке скорочення кількості голів ВРХ та свиней. Автори [2] наводять такі дані: відходи тільки тваринницьких відходів дозволить отримати 3 млрд м^3 біогазу, еквівалентну 2 млрд м^3 природного газу на рік. За оптимістичними оцінками авторів [32], загальний енергетичний потенціал органічних відходів сільськогосподарського походження перевищує 34 млрд м^3/рік, що, як відомо, перекриває всі потреб – і виробничі, і житлового господарства України. Для прикладу такий унікальний прогноз дано авторами [2] тільки для Вінницької області (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Потенційні можливості анаеробної переробки тваринницьких відходів Вінницької області (станом на 01.01.2011)

№ з/п	Показник	Вид сільськогосподарського поголів'я					Разом
		Свині	Корови	Інша ВРХ	Птиця	Вівці, кози	
1.	Поголів'я	439600	179100	138100	10285300	37700	-
2.	Максимальна добова кількість відходів, що підлягають переробці, тис. т/добу	6,59	8,96	4,83	4,11	0,38	24,87
3.	Кількість відходів, млн т/рік	2,41	2,42	1,76	1,50	0,10	8,19
4.	Потенційний вихід біогазу, млн $м^3$/рік	56,50	32,43	29,58	188,84	1,71	309,06
5.	Обсяги виробленої електроенергії, млн кВт·год./рік	102,72	58,96	53,78	343,32	3,10	561,88
6.	Вартість виробленої електроенергії (за тарифом 1 кВт·год. – 0,5 грн), млн грн/рік	51,36	29,48	26,89	172,66	1,55	280,94
7.	Кількість товарної теплової енергії, тис. ГДж/рік	512,7	294,3	268,4	1713,7	15,5	2789,2
8.	Вартість виробленої теплової енергії (за тарифом 1 1 Гкал – 300 грн), млн грн/рік	36,7	21,1	19,2	122,7	1,1	200,81
9.	Вихід органічних добрив, млн $м^3$/рік	2,36	2,37	1,73	1,47	0,10	8,04
10.	Співвідношення ефектів під час роботи БГУ, енергоносій+ста-більність живлення/ добрива/екологія	18÷8/ 72/2	18÷16/ 64/2	18÷8/ 72/2	18÷8/ 72/2	18÷8/ 72/2	-
11.	Загальний ефект процесу біоконверсії, млн грн/рік	489,26	280,76	256,17	1635,33	14,78	**2676,4**

Проте очікуваний колосальний економічний та екологічний ефект, за даними тих же авторів, відсутній у реальному житті з прозаїчної причини – капіталовкладення в 1 $м^3$ робочого об'єму метантенка закордонного виробництва складає 500÷1000 €. І навіть

для потужних підприємств, що можуть дозволити собі такі витрати, термін окупності капіталовкладень за умови введення державою так званого «зеленого тарифу» на продаж електроенергії у загальну мережу складатиме від 3 до 10,5 років.

Список використаних джерел

1. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т. 1. /А.Е.Кузнецов [и др.]. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 629 с.
2. Степанов Д.В. Оценка возможности получения энергоносителей из органических отходов с учетом техногенной нагрузки на окружающую среду / Д.В. Степанов, С.И. Ткаченко, А.П. Ранский //Наукові праці ВНТУ. – 2012. – № 1. – С. 1-8.
3. Круць Т.М. Енергетичне використання вторинних паливних матеріалів під час випалу потрландцементного клінкеру / Т.М. Круць // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2009. – Т. 644. – С. 232-236.
4. Hogg D. A Changing Climate for Energy from Waste? Final Report for Friends of the Earth, 2006 [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.foe.co.uk/resource/reports/changing_climate.pdf.
5. W. Edelmann, K. Schleiss. Ökologischer, energetischer und ökonomischer Vergleich von Vergärung, Kompostierung und Verbrennung fester biogener Abfallstoffe. BUWAL, 2001. [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.naturemade.ch/Dokumente/oekobilanzen/%C3%96kobilanz%20Feststoffverg%C3%A4rung.pdf.
6. Гелетуха Г.Г. Обзор технологий газификации биомассы / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 2. – С. 21-29.
7. Snow M., Lypez K. Pyrolysis transformation of organic wastes – results of full-scale trial demonstrations. [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://simeken.com/pdf/Technical_Paper_on_PRO.pdf.
8. Biogas production [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.oecd.org/dataoecd/28/59/36203835.pdf.
9. Ткаченко С. Й. Систематизация особенностей конструирования водогрейных котлов для сжигания биогаза / С.Й. Ткаченко, Ю.В. Курис, Д. В. Степанов, А. Ю. Майстренко // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2006. – №6. – С. 66-68.
10. Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz [Електронний ресурс] / P. Hunziker // GWA. – № 4. – 2005. – P. 1-8. Режим доступу до журн.: http://www.dvgw.de/uploads/media/ewp2007_01-2007_Biogaseinspeisung.pdf.
11. Дабаева М.Д. Эколого-безопасная утилизация отходов: монография / М.Д. Дабаева, И.И. Федоров, А.И. Куликов; Бурят. гос. с.-х. академия. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2001. – 94 с.
12. Долгов В.С. Гигиена уборки и утилизации навоза: монография / В.С. Долгов. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 175 с.

13. Ильин С.Н. Ресурсосберегающая технология переработки свиного навоза с получением биогаза: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.20.01 / С.Н. Ильин. – Улан-Удэ: [б. и.], 2005. – 23 с.
14. Ковалев Н.Г. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах / Н.Г. Ковалев, И.К. Глазков. – М.: Агропромиздат, 1989. – 160 с.
15. Кривых Л.И. Утилизация отходов с животноводческих комплексов и ферм: практ. руководство / Л.И. Кривых. – Барнаул: РИО АИПКРС АПК, 2005. – 40 с.
16. Меркурьев В.С. Пособие по системам сооружений для подготовки и утилизации сточных вод и животноводческих стоков / В.С. Меркурьев, Р.П. Воробьева; Гл. упр. плодородия почв, мелиорации земель и сельхозводоснабжения, НИИ по с.-х. использованию сточных вод. – НИИССВ «Прогресс», Алт. подразделение НИИССВ «Прогресс». – М., 1996. – 76 с.
17. Harmony Organics Garden And Farm - Spring 2012 Catalog [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://harmonyorganics.net/
18. Гавриш В. І. Визначення економічно доцільного напрямку використання біогазу / В. І. Гавриш // Економіка АПК. – 2014. - №. 3. – С. 24-29.
19. Сидоренко О.Д. Биологические технологии утилизации отходов животноводства: учеб. пособие / О.Д. Сидоренко, Е.В. Черданцев. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 74 с.
20. ValmontAgro. Биодизель. [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.valagro.ru\othodi\biodizel.html
21. Патент України №49563 МПК^9 C12F3/10. Спосіб переробки сивушної фракції спиртових виробництв / Ранський А. П., Пелішенко С. В., Солдатенков П. В.; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u200911048; заявл. 02.11.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.
22. Патент України №49561 МПК^9 C11B9/02. Спосіб отримання кукурудзяного масла екстракцією / Ранський А. П., Пелішенко С. В., Звуздецька Н. С., Солдатенков П. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u200911046; заявл. 02.11.2009, опубл. 26.04.2010, Бюл. №8.
23. Безбородов А.М. Ферментативные процессы в биотехнологии/ А. М. Безбородов, Н. А. Загустина, В. О. Попов. - М.: Наука, 2008. - 336 с.
24. Ференц В. Трохи біодизелю для щастя українців http://www.vox.com.ua/data/announce/2012/04/29/trohy-biodyzelyu-dlya-schastya-ukraintsiv.html.
25. Германия. Урожай рапса и пшеницы увеличится на 33% [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://latifundist.com/novosti/35325-germaniya-urozhaj-rapsa-i-pshenitsy-uvelichitsya-na-33.
26. Murphy D.J.R. Year in review - EROI or energy return on (energy) invested // D.J.R. Murphy, C.A.S. Hall. - Ann. N.Y. Acad. Sci. - 2010, Vol. 1185. – P. 102-118.

27. Пономарев А. Массовая гибель пчел и мировая продовольственная безопасность / А. Пономарев, Д.Насонова // Главный зоотехник. – 2009. - № 10. – С. 37-40.
28. ValmontAgro. Установки биогаза. [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.valagro.ru\othodi\biogas.html
29. Толстых С.В.. Применение биогазовых технологий при утилизации органических отходов / С.В.Толстых, А.А. Васливанов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 74. – К.: Техніка, 2007. – С.300-309.
30. Дубровин В.А., Таргоня В.С. Ресурсы для производства биогаза и удобрений в аграрной сфере / Материалы 2-й Междунар. конф. "Сотрудничество для решения проблемы отходов" - [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.waste.com.ua/cooperation/2005/theses/dubrovin.html.
31. Материалы сайта НПО “Агентства по возобновляемой энергетики” - [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.rea.org.ua/index.php?page=sources&sub=2&lang=ru.
32. Гелетуха Г.Г. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Ч. 1. Відходи сільського господарства та деревна біомаса / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Желєзна, М.М. Жовмір , Ю. Б. Матвєєв, О. І. Дроздова //Пром. теплотехника, 2010. – № 6. – С. 58-65.
33. Дубровский В.С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В. С. Дубровский, У.Э. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 189 с.
34. Ножевникова А.Н. Метановое сбраживание жидкого навоза в реакторе «Анаэробный биофильтр» / Ножевникова А.Н., Ковалёв А.А., Некрасова В.К. [и др.]. – М.: Биотехнология, 1992. – 103 с.
35. Заварзин Г. А. Введение в природоведческую микробиологию: Уч. пособ. / Г.А. Заварзин, Н.Н. Колотилова. – М.: Книжный дом «Университет», 2001. – 256 с.
36. Решетник В.Я. Производство биогаза. Методические указания / В.Я. Решетник. – М: ТДТУ, 2005. – 539 с.
37. Баядер В. Биогаз. Теория и практика / Баядер В., Доне Е., Бренидерфер М. [и др.]. – М.: Наука, 2006. – 69 с.
38. Карпенко В.І. Закономірності трансформації полімерних сполук у метан термофільними анаеробними бактеріями / Карпенко В.І., Ястремська Л. С., Голодок Л. П. [та ін.]. – Вісник Дніпропетров. ун-ту. Сер.: Біологія. Екологія. – 2006. – Т. 2. – Вип. 14. – № 3. – С. 79–84.
39. Ястремская Л.С. Роль анаеробних мікроорганізмів у трансформації сільськогосподарської сировини в біопаливо : Автореф. дис… канд. с.-г. наук: 03.00.07. – Уманский держ. аграрн. ун-т., – 2008. – 20 с.
40. Ястремська Л.С. Біотехнологічні аспекти трансформації сільськогосподарських відходів в енерґоносії / Л.С. Ястремська. – Вісник Полтавської державної аграрної академії. - 2011. - № 4. – С. 44-46.

РОЗДІЛ 4 ВЕРМИКУЛЬТИВУВАННЯ ТА ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ

4.1 Суть методу

Процеси переробки твердих органічних відходів та субстратів за допомогою культури дощових черв'яків (в англомовній та німецькомовній – ґрунтових), які використовують органічні речовини у якості джерела живлення та одночасно середовища існування, називають вермикультивуванням та вермикомпостуванням. У цих процесах утворюється два продукти – біогумус (вермикомпост) та біомаса дощових черв'яків [1].

Вермикультивування орієнтовано переважно на одержання маси черв'яків з метою їх наступного використання у якості кормової добавки у раціонах харчування птиці та свиней, у фармацевтиці, у процесах ре медіації забруднених земель та підвищення їхньої родючості. Метод *біоремедіації*, при якому використовується здатність дощових черв'яків та інших представників ґрунтової мезофауни розрихлювати ґрунт, збільшуючи тим самим дренаж води та проникнення газів, називається *біо-розрихлюванням* (bioturbation).

Основна мета біокомпостування - переробка органічних субстратів для одержання удобрювальних компостів (біогумусу) та відновлення родючості ґрунтів, знезараження побутових відходів, осадів стічни х вод, інших відходів, які важко піддаються іншим технологіям утилізації [2].

Вермикомпостування розглядається зараз як одно із пріоритетних засобів ведення «біологічного землеробства» (див. розділ 5).

Досвід людства з використання черв'яків для компостування налічує тисячоліття. Ще у часи Древнього Єгипту їх використовували для обробки нанесеного Нілом мулу. В XIX ст. їх стали використовувати для утилізації відходів органічного походження (листків, віток, кори, тирси, шкіри, кісток тощо), що описав Ч. Дарвін у монографії «Розклад плісняви овочів під дією дощових черв'яків» (1881 р.). Сучасний етап у цій галузі розпочався в 40-50 рр. XX ст., коли було доведено збільшення врожаїв сільськогосподарських культур (злакових) за допомогою черв'яків [3, 4].

Перші розробки з культивування черв'яків в колишньому СРСР з'явилися в 1982 р. у Киргизії, в лабораторії екологічної фізіології безхребетних Інституту біохімії АН Киргизької РСР. Першим об'єктом стали черви із природної популяції Чуйської долини. В 1985-1986 рр. у Володимирському державному педагогічному інституті

групою під керівництвом А.М.Ігоніна було одержано перші вітчизняні лінії черв'яків для промислової переробки органічних відходів. Тоді ж вперше здійснено широкомасштабний експеримент впровадження технології вермикультивування у тепличному комбінату «Весна» поблизу м. Ужгород [5]. Однак у промислових масштабах вермикультивування розпочалося з 1989 р.

Наразі у різних країнах світу успішно функціонують десятки тисяч комерційних підприємств та біля 1000 крупних біофабрик з вирощування вермикультури та одержання біогумусу, які продають маточну культуру черв'яків та обладнання. Найбільшого розповсюдження вермикультивування та вермикомпостування набуло в США, Канаді, Китаї, Індії, Австралії, Італії, Мексиці, на Кубі.

З 1990 р. ця технологія поширилась і в Україні. Протягом 1990-1994 рр. за сприяння асоціації "Біоконверсія" було створено понад 150 вермигосподарств, більшість яких внаслідок непродуманої аграрної реформи припинили своє існування. Тільки з 2005 р. в Україні почалося створення нових вермигосподарств і зараз їх налічується більше 50. Понад 500 вермигосподарств сьогодні діє в Росії, Білорусі, Казахстані та Прибалтиці. Однак внаслідок порушення відповідних технологічних процесів, зокрема, нехтування підбором компонентів субстрату для отримання співвідношення C:N в компостній масі і інше, у більшості вермигосподарств одержують біогумус (вермикомпост) низької якості, що негативно впливає на економічні та екологічні показники його виробництва. В зв'язку з відсутністю статистичного інформаційного забезпечення з питань біоконверсії органічних відходів методом вермикультивування не можна зробити детальний економічний аналіз ефективності цієї галузі. У джерелах наукової та технічної літератури також недостатньо висвітлюється питання економічної ефективності самого вермикультивування. В основному відображено лише деякі показники ефективності приросту урожайності сільськогосподарських культур при застосуванні різних доз органічного добрива "Біогумус" та його похідних [5].

4.2 Особливості культивування дощових черв'яків

За різними даними, всього на Землі проживають від 3 до 8 тис. видів дощових черв'яків. На території України їх налічується біля 60 видів; на сінокосах та пасовищах зустрічається всього 10-15 видів.

Деякі їх види є типовими споживачами гумусу та віддають перевагу верхньому шару ґрунту (епігейні черви), інші проживають у середніх шарах, а кілька видів зустрічаються на глибині до 2 м. Види

та популяції черв'яків, що зустрічаються у гноївці та негуміфікованих органічних субстратах, називають гумусоутворюючими.

Забарвлення черв'яків різне. До родів із червоним забарвленням відносяться *Lumbricus, Dendrobaena* та *Eisenia*, які проживають в основному у підстилці та верхньому, багатому гумусом, горизонті. Представники родів *Allolobophora, Octolasium* та *Eisenellia* мають забарвлення від сірого до зеленкуватого.

50-72 % всієї біомаси ґрунтової мезофауни припадає на дощових черв'яків. У природних місцях їхнього існування (луги, пасовища, рілля) загальна кількість черв'яків у ґрунті може сягати 10^6-10^7 особин/га, а сумарна біомаса – 10^3-10^4 кг/га.

4.3 Оптимальні умови життєдіяльності вермикультури

Живлення. Дощові черви потребують перш за все азотовмісної органічної речовини, запаси якої у ґрунті обмежені. Тому звичайно найбільша щільність, темпи індивідуального росту та плодючість черв'яків спостерігається у місцях локалізації органічного субстрату, багатого на азот (на пасовищах, поблизу місць складування екскрементів травоїдних тварин тощо). Азот, що міститься у ґрунтовій мікрофлорі та мікрофауні, яку поглинають та перетравлюють черв'яки, засвоюється ними майже повністю. Встановлено експериментально, що оптимальне співвідношення C:N в органічному субстраті повинно бути близьким до 20 [1]. Крім азотовмісних речовин, перероблювані органічні матеріали повинні містити вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни, а також клітковину та інші сполуки, відсутність яких утруднює травлення. Субстрат також повинен містити мінеральній інертний наповнювач, пісок чи ґрунт.

Вологість. Оптимальною величиною вологості органічного субстрату вважають 60-80 % (мас.). Після дощів, коли у ґрунті багато води, дощові черв'яки виходять на поверхню. У випадку прогресуючого підсихання спостерігається переміщення черв'яків у більш вологі зони. Якщо вміст вологи у ґрунті тривалий період нижчий за 30-35 %, чисельність черв'яків знижується, хоча вони можуть втратити без шкоди 50-60 % води від маси тіла. При вологості ґрунту 22 % черв'яки гинуть протягом неділі. При вирощуванні дощових черв'яків в лабораторних умовах їхня максимальна маса та плодючість досягається при вологості субстрату 70-85 %, бо ця величина близька до вмісту води у тілі дощового черв'яка.

Температура і pH. Температура +15-25°С та pH середовища проживання 7,0-7,6 оптимальні для розмноження дощових черв'яків.

На полях без рослинності та живлення черв'яки гинуть при температурі, близькій до нуля. Від холоду та високих температур черв'яки рятуються, мігруючи до більш глибоких горизонтів ґрунту. Вони не витримують показників pH нижче 5,0 та вище 9,0. У помірних широтах у теплий період року активність дощових черв'яків може тривати до семи місяців, у зимовий період вони впадають в сплячку.

Освітленість. Багато видів черв'яків бояться світла та ультрафіолетових променів. Тому зона їх проживання не повинна освітлюватися ні природними, ні штучними джерелами світла.

Аерація та продукти гниття. Види черв'яків, придатних для вермикомпостування, у природних умовах проживають переважно у поверхневому шарі ґрунту, що добре аерується. Вони надзвичайно чутливі до виділення газів, що утворюються у процесі гниття: аміаку, сірководню, метану. Допустимий рівень вмісту аміаку – не більше 0,5 мг/кг субстрату, при більш високому вмісті черв'яки гинуть. Тому в промислових установках вермикультивування потрібно попереджати утворення застійних зон та підтримувати вміст кисню у газовій фазі не нижче 15 % (об.), а CO_2 – не вище 6 % (об.).

Щільність популяції. На розмноження черв'яків негативно впливає перенаселеність перероблюваного субстрату, тварини при цьому відчувають стрес. Тому потрібно ретельно контролювати цей фактор.

4.4 Види, придатні для вермикультивування та вермикомпостування

Так як для польових умов характерна циклічність, непостійність та мінливість умов для росту черв'яків, задачі промислових методів компостування – створення високопродуктивних та адаптованих до різних субстратів ліній дощових черв'яків, підтримання оптимальних умов їх проживання в лабораторних та промислових культиваторах, що забезпечують максимальну швидкість росту та розмноження популяції. Вимоги до черв'яків наступні:

- Повинні мати підвищену по відношенню до природних умов здатність переробляти субстрат та забезпечувати високу швидкість його розкладання;
- Швидко адаптуватися до зміни складу субстрату;
- Бути стійкими до захворювань.

Із всього різноманіття дощових черв'яків для вермикультури придатні тільки кілька видів:

- Гнойовий (компостний) черв *Eisenia foetida*;

- Підвиди *E. foetida foetid, foetida andrel;*

- Звичайний дощовий черв'як (або великий червоний виповзень) *Lambricus terrestris*;

- Малий червоний черв'як (малий виповзень) *Lambricus rubellus*;

- Кілька інших видів (дендробена *Dendrobaena* та ін.).

Найбільш широко використовується гнойовий (компостний) черв'як *E. foetida* – порівняно невеликий вид довжиною 6-10 см зі специфічним неприємним запахом. Він широко розповсюджений у світі, в тому числі в Україні. Забарвлення його сегментів червоне або червоно-коричневе, з більш світлими бороздками, які розділяють сегменти. У природних умовах кожна статевозріла особина *E. foetida* дає щотижня 1-2 кокони, із яких приблизно через 3 неділі виводиться від 2 до 20 ювенільних особин, із яких виживає в середньому 4. Через 3 місяці наступає їх статева зрілість. У середньому за рік 1 черв'як дає 200-400 особин потомства. Молоді особини при досягненні статевої зрілості мають масу до 0,5 г. Дорослі особини живуть 10-15 років, сягаючи в довжину до 8-10 см при масі до 1,0 г.

В 1969 р. в США в штаті Каліфорнія було виведено гібрид гнійного черв'яка *E. foetida*, що одержав назву червоного каліфорнійського черв'яка (*Eisenia foetida red hybrid of California*). Він характеризується високою інтенсивністю живлення та швидкістю утилізації субстратів – за сприятливих умов органічні відходи переробляються за 1-2 місяці; швидким статевим дозріванням (6-8 неділь), високою плодючістю (відкладає до 10 коконів у неділю, в рік – до 70 коконів з врахуванням циклу розмноження), дає 4-5 поколінь за рік при високому коефіцієнті розмноження (1:1500 протягом року) та має велику тривалість життя (до 15-16 років). Максимального розміру особина червоного каліфорнійського черв'яка (ЧКЧ) сягає у семимісячному віці, коли її маса складає в середньому 2,4 г. Важлива особливість ЧКЧ – втрата інстинкту залишати місце проживання при несприятливих умовах середовища. Тому його можна культивувати в грядах під відкритим небом без ризику втратити популяцію. Він добре розмножується у неволі на відходах різного походження – всіх видах гною, соломі, макулатурі, листковому опаді, побутовому смітті. Це основний культивований вид у світі, що застосовується для вермикомпостування та вермикультивування.

Основний недолік ЧКЧ – його тропічне походження і, як наслідок, теплолюбність. Тому в умовах помірної кліматичної зони, характерної для України, його можна вирощувати переважно тільки у приміщеннях та в теплицях. На жаль, часто ЧКЧ, якого рекламують та продають в Україні, насправді таким не являється. Насправді він є

місцевим видом, який пройшов штучну селекцію, відбір та адаптацію до органічних відходів різного типу. Як правило, тривалість всього процесу складає 2-3 роки. Крім того, внаслідок недотримання умов технології та правил санітарно-ветеринарного контролю, більшість дощових черв'яків місцевого походження уражено нематодами – круглими червами-паразитами, багато видів яких фітопатогенні для сільськогосподарських культур (картоплі, буряка, моркви тощо) та знижують їх врожайність. Боротьба з нематодами надзвичайно складна та малоефективна. Тому виробничникам слід дуже зважено підходити до вибору поставника маточного поголів'я ЧКЧ [7, 8].

Російські володимирські промислові лінії *E. foetida* відносно невимогливі до живлення. Найкраще вони розмножуються на органічних субстратах, які попередньо пройшли мікробіологічне компостування. Деякі лінії можуть успішно розмножуватися на субстратах., що містять свіжий гній великої рогатої худоби, коней, свиней, птиці, а також сапропель, осад стічних вод. При вирощуванні на відходах за оптимальних умов (температура субстрату 22°С, вологість 75 %, pH 7,0) цикл розвитку черв'яків триває 160 діб. Протягом року вони проходять два цикли розмноження та збільшують свою чисельність більш ніж у 1000 разів. Максимальної швидкості росту гнійні черв'яки володимирських рас сягають у віці 11 неділь – біомаса одиничної особини в середньому складає 650 мг (180 мг у розрахунку на суху речовину). В цей період відкладається й найбільша кількість коконів.

Наразі одержано високопродуктивні промислові лінії дощових черв'яків, адаптованих до різних видів відходів, включаючи забруднені високотоксичними антропогенними полютантами – поліциклічними ароматичними вуглеводнями, поліхлорованими біфенілами (ПХБ), важкими металами, радіонуклідами. Деякі види одержано шляхом схрещування диких рас *Eisenia foetida* та ЧКЧ з наступною селекцією за необхідними ознаками. До них, зокрема, відноситься лінія, що одержала назву «Оболенський гібрид», яка може зимувати у гноївці ВРХ у відкритому ґрунті. Перспективним для вермикомпостування є болотний черв'як *Eiseniella tetraedra,* що широко зустрічається в Україні. Він невибагливий, витримує умови перезволоження, дефіциту кисню. Стійкий до газоподібних продуктів гниття та може розмножуватися під відкритим небом.

4.5 Приготування субстратів для вермикомпостування

Підготовка субстратів для компостних черв'яків являється одним із ключових моментів у вермитехнології. Від характеру

субстрату, від поєднання його компонентів та інших факторів залежить стан популяції черв'яків, інтенсивність їх розмноження та накопичення біомаси, властивості, характер та кількість копроліту.

Існує багато методів підготування компосту, але основні принципи однакові. Їх сформулював в 20-х роках XX ст. сер Альберт Говард, батько «органічного землеробства». Розкладення у компостному бурті відбувається тим краще і повніше, чим більш різноманітні укладені шарами органічні матеріали. Якщо використати один вид органічних відходів, процес компостування просто не розпочнеться. Рекомендовано поєднувати багаті вуглецем рослинні рештки з багатим азотом матеріалами – наприклад, гноєм ВРХ, свиней, пташиного посліду. Однак свіжий гній непридатний внаслідок високих концентрацій аміаку та хлоридів. Можна додати небагато вже готового біогумусу чи родючого ґрунту, що містять потрібні для початку компостування мікроорганізми.

Компостування органіки для черв'яків проводять тільки в буртах або купах на відкритих площадках, але ні в якому разі не в траншеях, так як таке компостування приводить до утворення кислих продуктів розкладення, непридатних для проживання дощових черв'яків.

Ділянка для компосту повинна знаходитися в добре дренованому місці, але не в зволоженому пониженні, яке погано провітрюється. Місце обирають тепле, захищене від холодних та висушуючих вітрів, не на прямому сонці. Для затінення поряд насаджують живі огорожі із бузини. Навколо її коренів утворюється гумус, вона поглинає та випаровує багато вологи. Оптимальна висота компостної купи – 1,5-2 м, ширина – 1,5 м. При закладенні купи в неї на певній відстані закладають товсті палиці, котрі пізніше виймають, залишаючи на їх місці отвори, потрібні для вентиляції та при необхідності поливу. На поверхні купи роблять невелике продовгувате заглиблення для кращого поглинання дощової води. Бокові стінки роблять трохи похилими, у перерізі бурт має форму трапеції.

Не рекомендується використовувати для компостів бур'яни з насінням, рештки картопляних стебел, хворих фітофторозом, а також решки овочів, заражених грибними хворобами. Інакше компост стане розплідником цих захворювань, так як їх спори збудників цих хвороб зберігають свою активність. А от збудники вірусних та бактеріальних хвороб гинуть при компостуванні, тому заражені ними органічні відходи використовувати для компостування можна. При цьому матеріали для компостування складують пошарово: внизу – більш

об'ємний матеріал, наприклад, зелена маса, тирса, стружки (товщина шару – 15-20 см); потім – багаті азотом субстрати (гній) шаром товщиною 5 см. Зверху компостну масу засипають вапном, фосфоритом та попелом. Потім – шар ґрунту товщиною 2-3 см і далі – солома, трава, сіно, листковий опад, що захищатимуть бурт від пересихання. В середньому оптимальне співвідношення (за масою): 70 % - рослинні рештки; 10 % - ґрунт; 2 0% - гній. Маса повинна бути достатньо пористою та не занадто зволоженою. Так як такий субстрат матиме кислу реакцію, то при закладанні бурту обов'язковим є використання вапнякових матеріалів (крейди, доломітового борошна, вапна тощо), щоб pH субстрату складав 6,5-8. Масу добре зволожують розчином гумінового або комплексного мінерального добрива, які відіграють роль каталізатора процесу компостування. На 1 т компостної маси додають 2-3 кг подвійного суперфосфату, 1 кг сульфату калію (не рекомендується хлорид калію), 2-3 кг сульфату амонію, 1 кг сульфату магнію, 60 г борної кислоти, 3-5 кг вапна або доломітового борошна. Оптимальна вологість бурту – 60 %. Після початку компостування маса сильно розігрівається, що сприяє дезінфекції маси.

Правильно підготований та добре утеплений восени компост продовжує дозрівати і взимку, а ранньою весною вже може бути використаний для закладки вермикультури. В цілому швидкість дозрівання компосту залежить від сезону, а також від інтенсивності перемішування бурта. Основний критерій зрілості компосту – відсутність запаху аміаку.

4.5 Властивості продуктів та застосування вермикультивування та вермикомпостування

В результаті переробки органічних відходів дощовими черв'яками одержують субстрат, який найчастіше називають біогумусом або вермикомпостом. Він представляє собою матеріал, що пройшов через шлунок тварини та залишки вихідного субстрату.

Проходячи через шлунковий тракт черв'яків, рослинні рештки, органічні відходи, мінеральні речовини ґрунту подрібнюються, з ними відбуваються біохімічні трансформації: органічні полімерні сполуки розщеплюються на більш прості речовини, збагачуються сполуками калію, магнію, фосфору та ферментами (каталазою, уреазою, дегідрогеназою). Мінеральні солі перетворюються на доступні для рослин форми. При цьому відбувається нейтралізація кислот, що містилися у вихідному субстраті. В процесі перетравлювання рослинних решток у шлунку черв'яків зменшується вміст легко- та

важкогідролізованих полісахаридів та лігніну. Одночасно проходять процеси поліконденсації низькомолекулярних продуктів розпаду органічних речовин, утворюються молекули гумінових кислот, що мають близьку до нейтральної реакцію. В результаті продукт життєдіяльності черв'яків – *копроліти* (від грецького – *копрос* – послід, *літос* – камінь) представляє собою матеріал, збагачений біологічно активними сполуками, гуміновими речовинами, корисною мікрофлорою. Можна стверджувати, що за своїми фізико-хімічними властивостями біогумус близький до природного ґрунтового гумусу. За вмістом гумусу вермикомпост переважає гній та компости в 4-10 разів. У копролітах черв'яків природних популяцій вміст гумусу сягає 11-15%, а культивованих – від 25 до 35% у перерахунку на суху речовину. Вартість біогумусу повинна корелювати із вмістом в ньому гумусу.

Приклад характеристики хімічного складу гранульованого вермикомпосту (біогумусу), виробленого відповідно до ТУ У 24.1-37469484-001:2010 за технологією вермикомпостування з використанням ЧКЧ *Eisenia foetida* високопродуктивної лінії S-94, селекція якої проводилася біля 15 років [6], наведено в табл. 4.1.

Як органо-мінеральне добриво біогумус має цінні фізичні властивості: високу вологоємність, вологостійкість, механічну міцність, сипучість, технологічність використання. Азоту в ньому в середньому в 5 разів, фосфору – в 7 разів, калію – в 11 разів більше, ніж у ґрунті, де живуть черв'яки. В 1 г сухого біогумусу міститься 10^{10}-10^{11} клітин мікроорганізмів (для порівняння – у гноївці ВРХ – 10^{8}-10^{9} кл./г) за відсутності патогенної мікрофлори та зоофауни, життєздатного насіння бур'янів.

Різноманітна мікрофлора (актиноміцети, бактерії-амоніфікатори, нітрифікатори, деструктори целюлози тощо), розчинні органічні та мінеральні фосфати, присутні в біогумусі, нормалізують розвиток властивих здоровому ґрунту мікробних асоціацій та забезпечує пригнічення патогенних мікроорганізмів, зокрема, сальмонел. Біогумус містить біологічно активні речовини – лумбрицини, що виробляються черв'яками, ауксини, гібереллiни та інші фітогормони. Біогумус не має канцерогенних, мутагенних або тератогенних властивостей.

Інша перевага компостів – відсутність неприємних запахів. У процесі переробки будь-які органічні відходи дезодоруються через кілька днів вермикомпостування та набувають запаху вологої землі.

Завдяки сукупності властивостей, біогумус прискорює проростання насіння, термін дозрівання плодів (на 10-15 діб),

збільшує відсоток схожості насіння, завдяки чому зменшується їхня норма висіву, збільшує засухостійкість та морозостійкість рослин, стійкість до шкідників та хвороб, знижує стрес при пересаджуванні рослин, стимулює утворення кореневої системи.

Таблиця 4.1 – Характеристика складу біогумусу (вермикомпосту)

№	Показники	Вермикомпост
1.	Колір	Темно-коричневий
2.	Запах	Торф'яний
3.	Гумус, % (мас.)	≥ 8,0
4.	Органічна речовина, % (мас.)	≥ 20,0
5.	Калій, % (мас.)	≥ 0,2
6.	Кальцій, % (мас.)	≥ 2,0
7.	Масова частка вологи, % (мас.)	< 60,0
8.	Кислотність (pH)	7,0-8,0
9.	N загальний, % (мас.)	≥ 1,0
10.	P загальний, % (мас.)	≥ 0,5
	Вміст важких металів не більше, мг/кг	
11.	Свинець Pb	<10,0
12.	Цинк Zn	<1,0
13.	Залізо Fe	<1,0
14.	Токсичність водних витяжок за результатами біотестування на *Daphnia magna* (96 годин)	Відсутня

Внесення у ґрунти біогумусу виключає ризик його перенасичення окремими видами поживних елементів, як це буває при внесенні високих доз гною та звичайних компостів. Вермикомпост добре поєднується із мінеральними добривами.

Типові норми внесення біогумусу під основні сільськогосподарські культури складають 4-10 т/га, на відміну від гною, якого потрібно щорічно вносити 30-40 т/га. Якщо 1 т підстилкового гною, внесеного у ґрунт, забезпечує у рік використання приріст врожаю зернових – 10-12 кг, картоплі – 100-120 кг, то 1 т біогумусу забезпечує прибавку врожаю зернових у 100-200 кг, картоплі – 1600-1800 кг і більше, овочів – 2000 кг. Післядія внесення біогумусу відчувається протягом 5-7 років [1].

Ще більш ефективними є витяжки з біогумусу, суміші біогумусу з хімічними мінеральними добривами, з мікробними препаратами, що мають фунгіцидні властивості. Так, біогумус з добавками мікробних препаратів на основі *Trichoderma viridae* або *Basillus subtilis* не тільки

проявляє високоефективні удобрювальні властивості, а й захищає рослини від кореневої гнилі, зменшує загибель розсади [1].

На відміну від гною, за виключенням випадків, коли вермикомпост одержують із субстратів з високим вмістом забруднень, не існує санітарно-гігієнічних та екологічних обмежень на норми їх внесення у ґрунти – чим більше вноситься біогумусу, тим краще і вище врожайність культур.

Ще одним продуктом вермикультивування є товарна продукція – біомаса дощових черв'яків, практично концентрат кормового білку та жирів. У перерахунку на суху масу їх вміст може сягати 60-65 % білку та до 20 % жирів. У порівнянні з білком м'ясних та рибних продуктів білок дощових черв'яків містить більше таких незамінних амінокислот, як лізин та метіонін. За їх сукупним вмістом борошно із черв'яків перевищує рибне та соєве, є чудовим стартовим кормом для рибної молоді, покращує товарні та смакові властивості м'яса бройлерів. При годівлі птиці, свиней, хутрових звірів, ставкової риби можна використовувати живих черв'яків, у запареному вигляді, а також білкові кормові добавки сухих чи розмелених черв'яків у вигляді преміксів.

Потенційно коефіцієнт біоконверсії відходів у біомасу черв'яків може сягати 7-10 %, тобто з 1 т відходів можна одержати 70-100 кг черв'яків або 8-10 кг сухої маси черв'яків на 1 т вологого підстилкового гною або посліду.

1 тис. голів птиці (бройлери) продукує за добу біля 140 кг посліду (80 % вологості) або 50 т/рік. Із такої кількості посліду можна виробити біля 100 т компосту (з додаванням, наприклад, соломи) та одержати із нього біля 1 т сухої речовини біомаси дощових черв'яків. На кожні 1 тисячу голів птиці необхідно згодовувати 3 кг черв'яків (у перерахунку на суху масу) щоденно протягом 8 тижнів вирощування. Це дає 15-20 г приросту ваги однієї голови птиці за добу. Для переробки 100 т компосту, що утворюється за рік, потрібно задіяти біля 60 $м^2$ площ закритого типу (зимових теплиць) при використанні черв'яків володимирських рас або 40-45 $м^2$ при використанні ЧКЧ.

На свинокомплексі, де щорічно вирощують 10 тис. свиней та утворюється до 20 тис. т гною у вигляді підстилки, за рахунок її переробки можна одержати біля 200 т біомаси живих черв'яків та 8 тис. т біогумусу (50 % вологості, що містить 15 % гумусу). Для переробки такої кількості гною потрібно задіяти 1 га площі для культиваторів польового типу (під відкритим небом) або 0,6 га зимових теплиць.

При дотриманні заходів, що попереджають автоліз білків та окислення жирів дощових черв'яків, технологія їхнього сушки та одержання із них білкового борошна суттєво не відрізняється від технології одержання рибного або м'ясо-кісткового борошна. Однак дощові черв'яки можуть бути носіями та проміжними господарями різних паразитів (найпростіших, нематод та інших), тому перед згодовуванням живої біомаси дощових черв'яків потрібна їх пастеризація [1].

Вермикомпостування та знезараження можна застосовувати для сільськогосподарських відходів, гною та пташиного посліду, побутового сміття, осадів стічних вод, відходів харчової, целюлозно-паперової, деревообробної, шкіряної, гідролізної, фармацевтичної та інших галузей промисловості, різноманітних матеріалів, забруднених токсичними речовинами.

В природних умовах деструкція відходів триває кілька років. При вермикомпостуванні розклад органічного матеріалу прискорюється в 2-10 разів, спостерігається зменшення об'єму органічних відходів на 40-60 %, відбувається дезодорація та знезараження компосту, частково знижується зараженість патогенами, зокрема, сальмонелами та яйцями гельмінтів.

Хоча селекційна робота з одержання промислових ліній черв'яків має значні успіхи з адаптації їх до різної сировини, такі відходи як свіжий гній (коров'ячий, свинячий) та послід птиці звичайно важко піддається вермикомпостуванню внаслідок високої концентрації в них аміаку, сечової кислоти, сечовини, які токсичні для черв'яків. Тому для переробки таких відходів їх спочатку потрібно витримувати протягом певного часу у природних умовах, для того, щоб пройшли процеси анаеробного зброджування або ферментація. У теплий період часу свинячий гній витримують 5-6 місяців, гній ВРХ – 3-4 тижні, послід кролів – 5-10 діб. Перед цим відходи слід змішати із рослинними рештками (соломою, ошурками, сіном, макулатурою) у співвідношенні 1:1 (за сухою речовиною). Можна використовувати торф, нейтралізований додаванням вапна чи доломіту.

Для ліній черв'яків, яких селекціонували для переробки відходів целюлозно-паперового комбінату, оптимальні композиції наступного складу, що відрізняються залежно від методу та умов культивування (за Л.В.Рудаковою, 1996 [9]):

Кора 1-2 річного терміну зберігання – 25-50 %;

Кора 30-річного терміну зберігання – 0-20 %;

Надлишковий активний мул – 20-45 %;

Річковий пісок 10-30 %.

Дотримання оптимальних пропорцій дозволяє досягти повної переробки вихідного субстрату за 2,5-3 місяці.

Біогумус має цінні властивості для ремедіації забруднених, рекультивації та реабілітації виснажених ґрунтів. Внесення вермикомпосту покращує структуру ґрунту, його фізико-хімічні властивості, стійкість до вітрової та водної ерозії, скорочує терміни поповнення гумусу та відновлення родючості ґрунтів.

Вермикультуру запропоновано використовувати для ремедіації ґрунтів, забруднених радіонуклідами. Внесені у ґрунти черв'яки покращують дренування, що сприяє переведенню радіонуклідів у більш глибокі підґрунтові горизонти. Також за допомогою черв'яків радіонукліди можна вилучати із ґрунту, які накопичуються у масі черв'яків. Вони збираються за допомогою приманки, та спалюються, золу, що залишилася, пресують та захоронюють. Загальна схема проведення ремедіаційних заходів, яка включає використання спеціалізованих мікроорганізмів та дощових черв'яків, представлена на рис. 4.1.

4.6 Знезараження осадів стічних вод за допомогою вермикультури

Однією з численних проблем сучасної цивілізації є переробка таких багатотоннажних відходів як осади стічних вод (ОСВ). Тільки на території України кількість накопиченого осаду перевищує 5 млрд т, до яких щороку додається ще 3 млн т нових осадів. ОСВ – це суміш органічних (до 80 %) та мінеральних (біля 20 %) домішок, виділених із стічних вод в результаті їх механічного, біологічного та фізико-хімічного очищення. До складу ОСВ входять речовини, які мають загальнотоксичну, токсикогенетичну, ембріотоксичну, канцерогенну та інші негативні властивості. Осади часто містять високі концентрації важких металів (ВМ), а також патогенну мікрофлору, яйця гельмінтів. ОСВ, що зберігаються на мулових полях, як правило, відносяться до другого класу (високо небезпечні) або третьому (небезпечні) видів відходів. Шкідливі гази, що виділяються із ОСВ, перевищують ГДК у повітрі у кілька разів, вибухонебезпечні (метан, сірководень, меркаптани). Умови зберігання ОСВ не можуть попередити у більшості випадків забруднення підземних та ґрунтових вод.

Для переробки ОСВ найбільш придатним є гнійний черв'як. Оптимальний склад субстрату включає ОСВ, гній ВРХ, побутове сміття.

Практичний інтерес представляє розроблена в Італії (провінція Форлі) [10] технологія переробки міських відходів разом із мулом стічних вод у конусовидній башті висотою 10 м і діаметром у верхній частині 2 м, в нижній – 0,5 м.

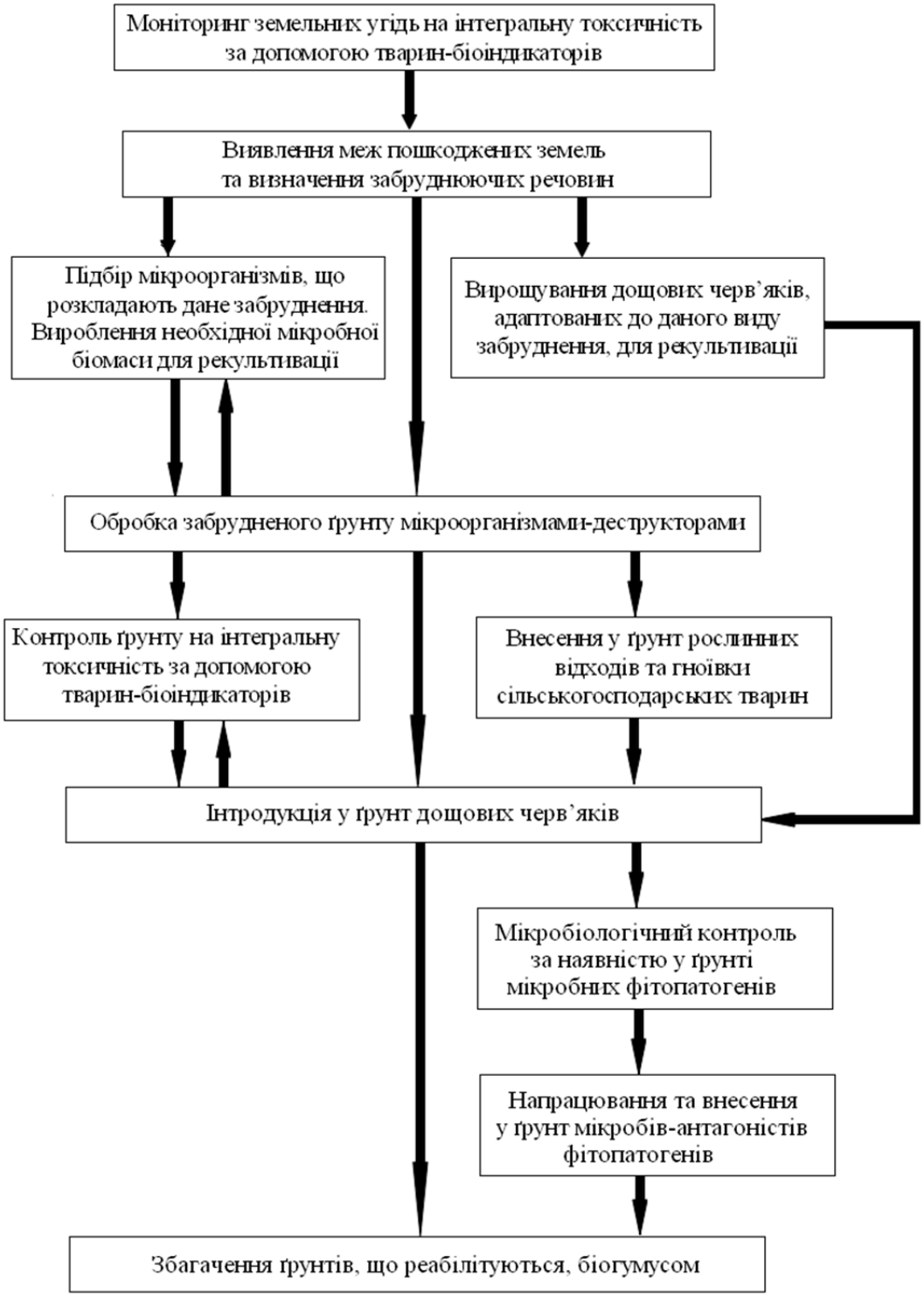


Рисунок 4.1 – Принципова схема ремедіації ґрунтів біотехнологічними методами з використанням вермикультури [1]

Осади стічних вод, заселених черв'яками, завантажують зверху, у верхній частині бункера їх перемішують за допомогою шнека для покращення аерації та створення сприятливих умов життєдіяльності вермикультури. В нижній частині, яка не аерується, збирається готовий компост. Ця установка неперервної дії щодоби переробляє до тони відходів.

У Франції для вермикомпостування відходів сконструйована установка у вигляді циліндричної башти, що складається із 24 піддонів діаметром 230 см, поставлених один на один [11]. Піддони заповнюють субстратом та заселяють вермикультурою. Весь процес повністю автоматизований. Методом вермикомпостування переробляють у компост відходи у м. Капрі (Італія): із 60 тис. тонн твердих побутових відходів та 25 тис. тонн мулу стічних вод на ділянці площею 600 м^2 одержують біля 30 тис. тонн вермикомпосту [11]. Певний досвід розведення черв'яків накопичений у Великобританії. На Ротамстедській дослідній станції ведуться інтенсивні дослідження у області екології дощових черв'яків, а також використання їх для переробки різних відходів, включаючи ОСВ очисних споруд [12].

Практичний інтерес представляють також способи, де дощових черв'яків утримують на модифікованих деревних стружках, поміщених у заглиблені басейни. Їх зверху зрошують стічними водами, черв'яки з'їдають органіку, яка осідає на стружках. Таким чином проводиться очищення стічних вод від органіки.

В Італії, Нідерландах, США широко вивчається застосування вермикультури для утилізації побутового сміття, ОСВ очисних споруд. В країнах ЄС щорічно утворюється біля 6 000 000 т ОСВ (за сухою речовиною), причому до 30 % застосовується у якості добрив у сільському господарстві. Компост на основі ОСВ містить в середньому 65-75 % органічних речовин у перерахунку на суху масу, до 70% гумусу, азоту – 2-6 %, фосфору – 0,9-6,5 %, калію – 0,2-0,5 % і ряд мікроелементів [12].

Але є два основні обмежувальні фактори використання ОСВ – присутність токсичних елементів та патогенної мікрофлори. Дослідження впливу ОСВ каналізаційних очисних споруд на черв'яків показали, що інтактні відходи викликають загибель досліджуваних черв'яків. Рішення цієї проблеми можливо при додаванні до ОСВ наповнювачів у пропорціях, що роблять ці субстрати вітальними.

Були визначені види наповнювачів та їх співвідношень із зневодненими та нейтралізованими ОСВ очисних споруд каналізації м. Йошкар-Ола (РФ), до яких черв'яки могли адаптуватися [1].

Адаптаційні можливості аналізувалися за наступними критеріями: біомаса черв'яків, кількість генерацій та якість потомства. Щільність посадки черв'яків складала 6 статевозрілих особин на 1 дм^3 субстрату. Вологість субстрату коливалася від 65 % до 70 %, pH середовища – від 6,5 до 7,3 при температурі 18-22°С. Тривалість експерименту складала 91 день. Найбільший приріст молоді і біомаси зафіксований в субстратах, що містять 60 % ОСВ і 40 % листкового опаду. Менш придатними для життєдіяльності черв'яків виявилися субстрати, що містили 60 % ОСВ і 40 % торфу; 40 % ОСВ, 30 % торфу і 30 % соломи. Одержані результати експериментів свідчать про можливості використання черв'яків для біоконверсії ОСВ.

Дані аналізу вмісту важких металів (ВМ) в ОСВ після цеху зневоднення та нейтралізації очисних споруд м. Йошкар-Ола до і після обробки показали зниження вмісту Zn на 25 %, Mn на 60 %, Ni на 15 %, Cu на 30 %, Cd на 50 %, Pb на 10 % при переробці субстратів, що містили 40 % листкового опаду та 60 % ОСВ. Ці результати свідчать про перспективність використання вермикультури для переробки ОСВ.

Дощові черв'яки також добре досліджено з точки зору їхнього мікроелементного складу та акумуляції елементів-токсикантів в їхній біомасі [13]. При потраплянні черв'яків у середовище, забруднене ВМ, вони достатньо легко акумулюють їх у своїх тілах. Наприклад, концентрація марганцю в *L. terrestris* навіть на непорушених заповідних територіях може коливатися залежно від місця збору від 68 до 127 мг/кг сухої маси, міді – від 50 до 69, цинку – від 172 до 320, молібдену – від 1,5 до 3,1, кобальту – від 5,8 до 6,2 мг/кг сухої маси. Вміст заліза в біомасі дощових черв'яків коливається від 200 мг/кг до 1450 мг/кг у *E. fetida* [14]. Забруднення різко збільшує концентрацію важких металів у тілах черв'яків на порядок, а інколи і на кілька порядків. В першу чергу це стосується свинцю та кадмію. Органічні забруднювачі також інтенсивно акумулюються в організмах дощових черв'яків [12-14].

Ефективність вермитехнології на ОСВ у порівняльному аспекті з іншими субстратами вивчено в Брянській державній аграрній академії на відкритій ділянці та у закритому опалювальному приміщенні [1]. В кінці технологічного досліду кількість дорослих черв'яків максимально збільшилася на субстраті з ОСВ, обігнавши гній ВРХ, кінський та свинячий гній. Така ж тенденція спостерігалася і за показником кількості молодих черв'яків, кількості коконів та виходу біомаси. Але за виходом копролітів варіант з ОСВ виявився на останньому місці.

Токсикологічна оцінка біогумусу, проведена за сумарним вмістом валових та рухомих форм важких металів свинцю, кадмію, кобальту, хрому, марганцю, цинку, міді, заліза виявила значне зниження їхнього вмісту при переробці гною ВРХ дощовими черв'яками. Вихідний субстрат для одержання біогумусу складався з 70 % ОСВ, 20 % підстилкового гною та 10 % соломи (водоканал м. Клин, РФ [1]). Дані цих досліджень показали, що використання вермикультури для утилізації ОСВ дозволяє значно знизити вміст важких металів. Проте кінетика зменшення не має вигляду лінійної залежності. Так, зниження вмісту ВМ в біогумусі із активного мулу коливалося від 22,3 разів за вмістом стронцію Sr до 1,3 разу – кадмію Cd. Різниця зумовлена в першу чергу величиною початкового рівня концентрації того чи іншого елемента. Так, при вермикультивуванні ОСВ у досліді, проведеному водоканалом м. Клин [1], зміни були менш значними, коливаючись від 2,9 разів за вмістом свинцю Pb до 1,4 разів за вмістом міді Cu. Незважаючи на те, що вміст свинцю перевищував ГДК, в біогумусі, виробленому із ОСВ, до рівня межі визначення знизилися концентрації таких токсикантів як кадмій, кобальт, ртуть. Слід відмітити високий вміст цинку у всіх одержаних зразках біогумусу.

Аналогічні результати з вермикомпостування ОСВ одержано в ряді робіт [15-18]. Встановлено зниження концентрації як валових, так і рухомих форм ВМ. Максимальний вміст ВМ в біомасі ЧКЧ фіксується вже через 10 днів, а їх концентрування сягає 2-8 разів порівняно з черв'яками, які культивувалися на субстраті з гною ВРХ. Інтенсивність акумуляції ВМ залежить від рівня адаптації черв'яків до перероблюваної сировини. В серії дослідів з твердими відходами міських очисних споруд, з яких готували вихідний субстрат, змішуючи їх з соломою та пташиним послідом, кількість черв'яків збільшилася у 30 разів протягом 4,5 місяців у варіанті досліду із співвідношенням складових компосту 35:25:45, а у варіанті 20:10:70 – всього в 7 разів [1].

Потенціал вермикультури у якості способу зменшення популяцій патогенних мікроорганізмів був продемонстрований в лабораторних умовах Мітчелом ще в 1978 р. [19]. Але щоб одержати статус легітимного методу знезараження ОСВ, цей метод повинен був пройти пілотні та широкомасштабні випробовування та перетворитися на стандартну операційну процедуру (СОП).

В 1997 р. організація із захисту навколишнього середовища США (USEPA) у співробітництві з American Earthworm Company розпочали спільний експеримент у місті Окої штату Флорида [20], на

основі результатів якого планувалося розробити методологію переробки відходів для USEPA. Для того, щоб вермикультивування як альтернативний метод дезінфекції був затверджений USEPA для одержання продукту класу «А» США «Process to Further Reduce Pathogens» (PFRP) (самий високий клас вимог), необхідно було одержати трьох-чотирьохкратне зменшення популяції патогенних мікроорганізмів. Саме це забезпечило б впевненість у тому, що продукт, який пройшов через процес вермикомпостування, відповідає всім нормам та вимогам класу «А» (фекальні колі-форми – менше 1000 КУО/1 г сухої маси осаду; *Salmonella sp.* - менше 3 КУО/1 г сухої маси осаду тощо). Експеримент показав, що черв'яки можуть зменшити популяції патогенних мікроорганізмів, задовольняючи стандартам USEPA, протягом 144 год., причому досягнення стандартних значень концентрації фекальних колі-форм відбувалося за 24 год. (шестикратне зниження концентрації – 98,7 %), за *Salmonella sp.* – через 72 год. (тринадцятикратне зниження – 99,9 %), за ентеровірусами – через 72 год. (шестикратне зниження – 98,82 %), за яйцями гельмінтів – через 144 год. (шестикратне зниження – 98,87 %). Таким чином, вермикомпостування продемонструвало достатньо швидке зниження концентрації патогенних організмів, щоб задовольнити вимоги найвищого стандарту класу «А».

Більш того, одержані результати в 3-4 рази перевищували стандартні вимоги. У порівнянні з іншими, значно більш дорогими та технологічними способами стабілізації ОСВ, метод вермикомпостування відносно недорогий та потребує мінімуму техніки. Крім того, у процесі вермикультивування можна обійтися без стадії попереднього компостування. Найчастіше ця стадія здійснюється саме для того, щоб зменшити популяцію патогенних організмів. Але описане дослідження показало, що черв'яки самі добре справляються з цією задачею.

При розрахунку «посівної дози» черв'яків для переробки ОСВ виходять з того, що норма споживання відходів на добу складає 1,5 їхньої маси. Тоді щотижневе співвідношення біомаси черв'яків та маси ОСВ повинно складати 1:7, Нові порції відходів не можна додавати протягом як мінімум 144 год., щоб досягти максимального пригнічення життєдіяльності патогенних організмів. Ці висновки було підтверджено численними дослідженнями [21-24]. Низька собівартість переробки ОСВ за допомогою вермикультивування та вермикомпостування забезпечить високу економічну ефективність при їх використанні у якості нетрадиційних удобрювальних композицій. Одержаний вермикомпост, відповідно вимогам СанПиН

2.1.7.573-96 (Додаток 1) та ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 після встановлення класу токсичності можна використовувати у якості добавки, що покращує якість ґрунту, органічного добрива під технічні, кормові культури та зелені насадження. Компости із ОСВ застосовують для удобрення земель, які відводяться під деревно-кущові насадження, парки, довголітні окультурені пасовища та сіножаті, при повторному залуженні, під зернофуражні, силосні, технічні культури, а також поля під паром та при рекультивації порушених земель. В Додатку 2 наведено приклад технічних умов ТУ на вермикомпост.

4.7 Технологічні засади вермикомпостування та вермикультивування

Основна перевага вермикомпосту та вермикультури – їхня відносна дешевизна порівняно з іншими технологіями переробки органічних відходів. Тому найбільш розповсюджені способи та технології їх одержання відносно прості та не вимагають значних капітальних витрат.

Компостування *відкритим способом* найбільш просте дешеве та екстенсивне з організаційної точки зору, у закритих приміщеннях – більш інтенсивне (оцінюючи вихід продукції з одиниці прощі чи об'єму), однак різниця не дуже суттєва. Кліматичний фактор визначає вигідність відкритого компостування. Закриті приміщення – теплиці, спеціалізовані цехи – у зимовий час опалюються.

В умовах відкритого ґрунту на більшості території України можна провести максимум два повний цикли переробки відходів протягом літнього сезону. При використанні опалюваних приміщень, що забезпечують підтримку оптимальних умов переробки. Та гібридів черв'яків на основі ЧКЧ протягом року можна провести 4-5 циклів вермикомпостування тривалістю 2,5 місяців кожен.

За методами культивування переробку органічних відходів за допомогою дощових черв'яків можна розділити на грядкову (буртову), траншейну, ящичну, реакторну. Під відкритим небом використовують буртовий та траншейний методи, в умовах закритого ґрунту – переважно бутовий, ящичний та реакторний методи.

Грядкові та траншейні методи розраховані на теплий період року. Взимку при додатковому незначному укритті черв'яки нормально перезимовують, але процес вермикомпостування при цьому не відбувається. Залежно від кліматичних умов та виду відходів цикл компостування в одній грядці чи траншеї складає 3, 6 або 12 місяців. В умовах теплиць процес компостування триває цілорічно. Застосовують також плівкові теплиці тунельного типу з обігрівом.

Для проведення процесу на відкритих площадках за буртовою чи грядковою технологією із приготованих відходів на підготованій бетонній чи ґрунтовій основі формують грядки розміром (1-1,5)х(1,5-2) м в основі та висотою 0,15-0,4 м. Це оптимальні величини для рівномірного розселення вермикультури по всій масі субстрату, задовільної аерації матеріалу та запобігання надлишкового тиску на живі організми товщі субстрату. Укладається бурт у вигляді піраміди чи трапеції у розрізі. Грядки розташовують за розою вітрів (для зменшення вітрової ерозії).

Певне значення для підтримки в подальшому оптимального температурного режиму має також просторове розташування (по відношенню до сторін світу) вермигряд, а також забарвлення та товщина мульчуючого (утеплюючого) покриття грядки. Відкриті площадки повинні бути сплановані з невеликим ухилом для забезпечення стоку надлишкової вологи. Для забезпечення нейтрального середовища вносять гіпс (для залужених субстратів), крейду, доломіт, гашене вапно (для закислених субстратів). Після формування грядки зволожують та залишають для вистоювання на 4-6 діб.

Потім у грядки вводять черв'яків. Заселення грядок проводиться простим перекиданням вмісту ящиків чи контейнерів з маточною культурою у викопані на кожному квадратному метрі ямки або безпосередньо на грядки, бажано у вранішні часи. Для заселення використовуються молоді, або вже окільцьовані статевозрілі черв'яки одного віку, здатні до відкладення коконів із запліднеными яйцями. Вони краще адаптуються до нових умов існування та зміні субстрату. Використання черв'яків одного віку у маточній культурі забезпечить вихід в кінці технологічного ланцюга черв'яків приблизно одного віку та близьких розмірів, що спрощує відділення черв'яків від субстрату. За сприятливих умов маточна культура дає щомісячно до 2 кг молодих черв'яків з 1 $м^2$ робочої площі.

На звикання черв'яків до нового компостного матеріалу потрібно, як правило, 7-10 днів, про що свідчить виявлення черв'яків за межами свого старого субстрату, внесеного при заселенні. Промислові лінії черв'яків, одержаних на сонові рас, що проживають на території помірного клімату з одним циклом за рік, засівають на початку травня. Щільність заселення на відкритих дільницях коливається від 150 до 500 г (1500-5000 молодих особин) на кожен квадратний метр. В закритих опалюваних приміщеннях вона вища – до 2,5 кг/$м^2$.

Протягом перших трьох місяців черви повинні посилено живитися та розмножуватися. За добу вони споживають таку кількість корму, що рівний їм за масою, при цьому їх вага подвоюється щотижня, тому необхідна періодична підгодівля популяції субстратом, що переробляється. Для стимулювання діяльності черв'яків та підтримки оптимальних умов проживання до складу композиції для підгодівлі можна додавати крейду, подрібнену глину, різні кормові добавки (барду, кавову гущу, продукти, що містять білок, - молочний порошок, соєве борошно тощо). Якщо активність черв'яків в нормі, то першу підгодівлю проводять через місяць після початку вермикомпостування. Придатність підгодівлі для живлення черв'яків визначають попередньо в тест-аналізі на їх активність та ступінь виживання, що виконується протягом місяця в невеликих ямщиках, в які засипають корм та помішують кілька десятків черв'яків. Є також і методи експрес-тестування. Так, по одному з варіантів на поверхню проби підготованого субстрату викладають кілька екземплярів черв'яків на спостерігають за їхньою поведінкою протягом 30 хв. Вважається, якщо черв'яки заглиблюються в нього протягом 5-10 хв., то субстрат відповідає всім вимогам, необхідним для їхньої нормальної життєдіяльності. Якщо черв'яки розповзаються поверхнею, не заглиблюючись в неї, значить, субстрат непридатний для черв'яків і потрібно його попередньо підготувати для переробки черв'яками.

Схему безперервного процесу вермикомпостування наведено на рис. 4.2.

4.8 Оцінювання економічної ефективності виробництва та застосування біогумусу, виробленого методом вермикультивування

За даними російської корпорації "ГРИН-ПИК", рентабельність вермикультивування становить понад 300 % [3, с. 83-109]. Протягом 1990-1994 рр. за сприяння асоціації "Біоконверсія" в Україні було створено понад 150 вермигосподарств, більшість яких внаслідок непродуманої аграрної реформи припинили своє існування. З 2005 р. в Україні почалося створення нових вермигосподарств і на 2011 р. їх налічувалося біля 50. Після економічної кризи 2014 р. практично всі вони збанкрутували внаслідок високої вартості енергоносіїв.

Внаслідок порушення оптимальних умов технологічних процесів, зокрема нехтування підбором компонентів субстрату для отримання співвідношення N:C в компостній масі і інше, у більшості вермигосподарств одержують біогумус (вермикомпост) низької якості, що негативно впливає на економічні та екологічні показники

його виробництва. В зв'язку з відсутністю статистичного інформаційного забезпечення з питань біоконверсії органічних відходів методом вермикультивування не можна зробити детальний економічний аналіз ефективності цієї галузі. В джерелах літератури також недостатньо висвітлюється питання економічної ефективності самого вермикультивування (в основному відображені лише деякі показники ефективності приросту урожайності сільськогосподарських культур при застосуванні різних доз органічного добрива "Біогумус").

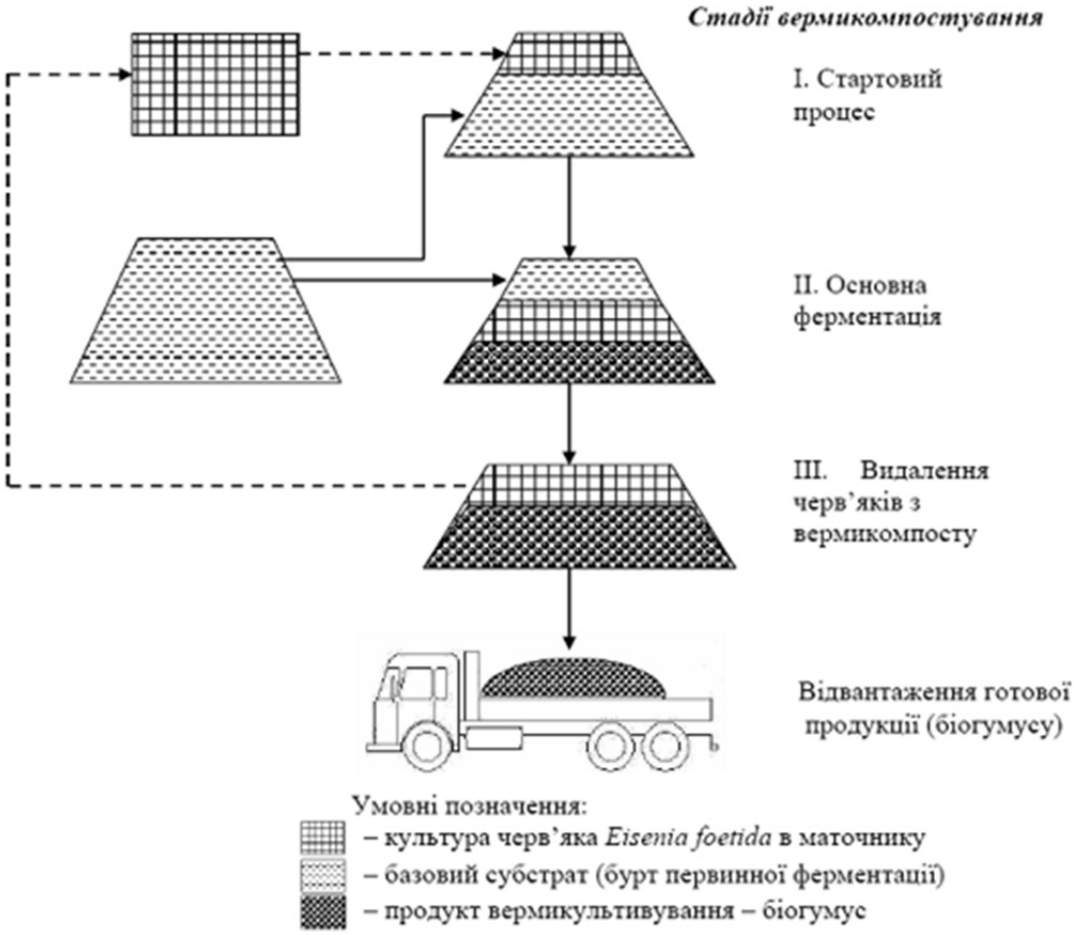


Рисунок 4.2 – Схема безперервного процесу біоконверсії органічних відходів методом вермикомпостування [25, с. 163]

Протягом 2010-2013 рр. була проведена екологічна і економічна оцінка виробництва органічних добрив "Біогумус" в підрозділах асоціації "Біоконверсія" – НВТ "Відродження", ПП "Біоконверсія", ПП "Кокес" Івано-Франківської, ТзОВ "Подільський господар" Шепетівського р-ну Хмельницької, ПП "Токорчин" Стрийського р-ну Львівської, ПП "Урсул" Кіцманського р-ну Чернівецької областей та ін. [26].

Для виробника “Біогумусу” і біомаси черв’яків запропоновано такі економічні показники розвитку біодинамічного безвідходного виробництва: а) загальна вартість валової продукції у розрахунку на одного працівника, зайнятого у виробничому процесі, або на одиницю робочого часу (годину); б) валовий дохід у розрахунку на працівника або на одиницю робочого часу (годину); в) чистий дохід на одного працівника або одиницю робочого часу. Ці показники можна обрахувати на одне ложе, а вихід валової продукції – на одну гривню основних виробничих фондів, у тому числі на 1 грн вартості черв’яків.

Дослідженнями встановлено, що собівартість та рентабельність продукції органічного добрива “Біогумус” залежала від виду органічних відходів, їх вартості, дотримання технології вермикультивування, способів вирощування (на відкритих площадках чи в закритому приміщенні), вартості доставки органічних відходів до вермигосподарства та ін.

В науково-виробничому товаристві «“Відродження» Івано-Франківської області вирощування вермикультури проводиться у вермиложах. З кожних 100 т органічних відходів у 2012 р. отримано по 41,7 т органічного добрива “Біогумус” собівартістю за тонну 603,3 грн У зв’язку з тим, що всі органічні відходи придбані і доставлені на відстань 25-32 км, витрати на сировину і її доставку на одну тонну становлять 273 грн. Весь “Біогумус” реалізовується власникам фермерських господарств, присадибних і дачних ділянок за ціною 1500 грн за тонну (рентабельність – 247 %). У науково-виробничому товаристві “Відродження” в структурі затрат одержаного органічного добрива “Біогумус” вартість органічних відходів становить 30,2 %, їх транспортування – 15,1 %, оплата праці з нарахуваннями – 41,7, інші витрати – 13,0 % (табл. 4.2).

У ТзОВ “Подільський господар 2004” Шепетівського району Хмельницької області вермигосподарство розташоване на території тваринницького комплексу і технологія передбачає вирощування червоних дощових каліфорнійських черв’яків у ложах на відкритій площадці. Для годівлі черв’яків для отримання “Біогумусу” тут використовуються відходи власного поголів’я великої рогатої худоби з доставкою на вермигосподарство на відстань до 0,5 км. Собівартість 1 т у 2012 р. становила 194 грн (витрати на сировину та її доставку становили 71,3 грн, або на 201,7 грн менше, ніж у НВТ “Відродження”).

Технологією вермикультивування передбачено підбір складу компонентів субстрату з такими вимогами:

- Оптимальне співвідношення вуглецю до азоту (C:N) 25:1–30:1;
- Вологість – 70-80 %;
- Вміст кисню в субстраті 11-14 %;
- Щільність – 1,3-1,4;
- Оптимальна температура – 19-28°С.

Таблиця 4.2 – Економічні показники вермигосподарства НВТ «Відродження» за 2012 р.

№	Показники	Одиниця виміру	Кіль-кість	Вартість однієї одиниці, грн	Всього, грн
1.	Вартість органічних відходів (гній ВРХ, відходи грибного виробництва та ін., кількість, необхідна для виробництва 1 т Біогумусу)	т	240	76	18240
2.	Транспортування на відстань 32 км	т	240	38,0	9120
3.	Завантаження органічних відходів	т	240	20	4800
4.	Розкладання органічних відходів у ложі	$м^2$	520	6	3120
5.	Полив, рихлення, укриття соломою (4…5 раз)	$м^2$	2600	3	7800
6.	Виборка Біогумусу	т	100	20	2000
7.	Просівання Біогумусу	т	100	50	5000
8.	Завезення Біогумусу в склад із завантаженням і розвантаженням	т	100	24	2400
9.	Інші витрати	грн			7854
10.	Всього	грн			60334
11.	Собівартість однієї тони	грн			603,3

Примітка. Розрахунки проведено автором [26] згідно з бухгалтерськими даними підприємства.

При дотриманні всіх вищевказаних параметрів отримують органічне добриво “Біогумус” високої якості, яке порівняно з традиційними добривами містить значно більше рухомих елементів живлення загального азоту (1,7-2,3 %), калію (1,2-1,6 %), фосфору (1,6-1,8 %).

При всій економічній привабливості, екологічності та видимій простоті процесу вермикомпостування будь-яких органічних відходів слід звернути увагу на реальний досвід впровадження цієї технології біоконверсії. В 2013 р. у Мінську відбулася представницька III Міжнародна науково-практична конференція провідних вчених, спеціалістів, підприємців та виробничників «Вермикомпостування та вермикультивування як основа екологічного землеробства в XXI столітті: досягнення, проблеми, перспективи» [5]. В збірнику робіт, виданого до цього заходу, звернула увагу публікація провідного спеціаліста у області вермикультури корпорації VermiCo (Орегон, США) Пітера Богданова «Вермикомпостування, що приносить неприємності: проблеми, що приводять до краху в широкомасштабних проектах». Основні ідеї роботи дуже досвідченого фахівця викликають як мінімум необхідність прислухатися до його висновків. За його думкою, вермикомпостування зі сторони часто представляється як просте та легке заняття. Погодуйте органічною речовиною невелику кількість дощових черв'яків, вони стрімко розмножаться, перетворюючи при цьому сміття в золото, тобто відходи в доходи. Багато крупних підприємців вважає, що коли вони створять крупномасштабні підприємства з вермикомпостування, то їхній стабільний прибуток забезпечено. Основою їхньої впевненості є крайній оптимізм дослідників з приводу потенціалу вермикомпостування (наприклад, [27]).

Але, за даними Богданова, більшість із крупномасштабних підприємств з вермикомпостування, особливо в США, досить швидко припиняли комерційну діяльність – як правило, вони функціонували менше 10 років. Серед суб'єктивних та об'єктивних причин цього автор відмічає людські помилки та прорахунки, жадібність та недалекоглядність виробників, простіше кажучи, відсутність продаж вермипродукції. Крім того, інформація про крупномасштабні проекти практично не доступна, так як більша її частина засекречена з комерційних причин [28]. Але в цілому Пітер Богданов виділяє наступні причини:

- *Надійність постачання сировинних ресурсів*. Наприклад, в свій час компанія American Resource Recovery (ARR), розташована у Верналісі (Каліфорнія), одержувала по 12 вантажівок макулатури щодня, за рік – біля 100 000 т макулатури. Наприкінці 1990-х рр. ця компанія була найбільшим підприємством з вироблення вермикомпосту у США, а, може, й у світі. Під компостними масами було зайнято біля 28 га площі. Проте протягом кількох років завод з переробки картону був закритий і поставки сировини для

компостування припинились. Так як компанія диверсифікувала свою діяльність, вона залишилася у бізнесі, але вермикомпостуванням більше не займається.

- *Вартість ресурсів і переробки*. Як вказано вище (п. 4.3), функціонування вермикультури дуже чутливе до умов довкілля, особливо вологості та температурного режиму. Доступність джерел води обмежує можливості вермикомпостування у посушливих районах. Так, діяльність компанії Pacific Southwest Farms (PSF) у Онтаріо (Каліфорнія, США) у посушливому районі на південь від Лос-Анджелесу була можлива завдяки наявності стічних вод від житлової забудови та місцевих корівників. Компанія ARR також знаходиться у посушливому районі, проте вдало розташована неподалік від сільськогосподарських водоканалів, проте змушена витратити біля $100 тис. на насоси та обладнання для зрошення 28 га виробничих площ. Обидві компанії одержану плату за утилізацію органічних відходів витратили на одержання води як сировини для виробництва. Проте ряд підприємств змушені оплачувати як органічні відходи, так і воду, що збільшує накладні витрати. Дослідження, проведене у Великобританії, показало, що вартість переробки однієї тонни органічних відходів коливалося в межах £23-45 або $35-69 [28].

- *Розташування підприємства*. Необхідність транспортування відходів – суттєва стаття накладних витрат. Так, компанія Worm Power в Ейвоні (Нью-Йорк) розташована на території підприємства з вирощування 1600 голів молочних корів, і ще поряд аналогічно утримується 1700 голів ВРХ. Тому успіх цієї компанії частково пов'язаний саме з вдалим розташуванням, що гарантує безперебійність постачання сировини для компостування. Завідомо виробники, що не враховують цей фактор, програють ще на старті проекту.

- *Вибір системи компостування*. Відкрита система вермибуртів на відкритому повітрі для крупномасштабного компостування є самою популярною у регіонах з помірним кліматом. Її основна перевага – зручність для самоскидів вивантажувати відходи прямо на ділянку для компостування, де вже встановлено дощувальні системи. Її основним недоліком є постійна дія зовнішніх факторів та безпосередній контакт з ґрунтом негативно впливають на якість компосту, що приводить до втрати поживних елементів [29]. Вермибурти чи їх різновид, що має назву клинової системи, ряд виробництв розташовували у приміщенні, через що одержували продукт вищої якості завдяки контролю за процесом та відсутності дії екстремальних факторів довкілля. Третій варіант – реактор

неперервного потоку, розроблений Едвардсом зі співробітниками у Великобританії, одержу все більше визнання. Хоча капітальні затрати складають переважну частину для такої системи переробки, проте вона дозволяє прискорити переробку відходів та одержати стабільно високу якість компосту [29]. Попереднє компостування відходів з метою усунення патогенів та мінімізації перегрівання субстрату також знаходить все більш широке застосування. Проте застосування навіть самих передових технологій не гарантує окупності виробництва. Інший приклад – коли для прискореного вермикомпостування у Південній Кореї впровадили недостатньо апробовану систему The Worm Gin американської корпорації Worm World Inc., яка внаслідок ряду не усунених недоліків ніколи не виробляла якісного вермикомпосту.

- *Скарги сусідів.* Типовим прикладом конфлікту, що привів до закриття вермивиробництва, є ситуація у Фоллбруку (Каліфорнія). Де компанія Fallbrook Sanitary District (FSD) здійснювала успішну утилізацію всього об'єму твердої фракції муніципальних побутових відходів. Проте проблема проявилася тоді, коли житлова забудова протягом 8 років наблизилася впритул до виробничих площ з вермикомпостування і мешканці стали скаржитися на неприємний запах. Компанія FSD змушена була припинити діяльність. Аналогічні ситуації змусили закритися компанії «Pacific Southwest Farms», «Ecology Farms» в Темекула (Каліфорнія, США).

- *Температурні перепади.* Проблема стосується переважно відкритого способу вермикомпостування. Екстремальні температури значно знижують швидкість біоконверсії. В зимові місяці процес вермикомпостування може повністю припинитися через низьку температуру. Проте, з іншої сторони, температура субстрату може різко зростати при додаванні свіжих відходів. Багато досвідчених фахівців у приватному спілкуванні визнають на власному досвіді приклади масової загибелі вермикультури при додаванні надлишку свіжої сировини. Саме цю небезпеку випадкового перегріву значно знижує попереднє компостування та система терморегуляції в буртах. Але це додає суттєву статтю витрат при виробництві вермикомпосту.

- *Близькість до ринків.* Дилема для більшості виробничників – як розташувати виробництво якнайближче до джерела органічних відходів і одночасно до ринку збуту. Самі виробничники не займаються продажем продукції, тому потрібні витрати на дистрибуцію товару, його транспортування.

- *Створення надійних ринків та репутації.* Є приклади ряду негативних трендів. Наприклад, в одному випадку вермикомпосту, що

містив бите скло, був запакований у мішки з попередженням про це для споживачів. Але його реалізації практично не було, бо покупці не бажали мати справу з продуктом низької якості та потенційної загрози своєму здоров'ю. Зустрічаються також маркетингові «пастки», коли, наприклад, не вказується сировина, з якої вироблено вермикомпост, а інколи й обходять назву «біогумус», «вермикомпост», заміняючи її на «копроліт дощових черв'яків». В практиці авторів цієї роботи зустрівся прецедент, коли під назвою «біогумус» недосвідчені споживачі придбали торф, змішаний з невеликою кількістю чорнозему та подрібненим будівельним сміттям. Такі випадки формують негативну суспільну думку. Інколи з недовірою відносяться до вермикомпосту виробники парникової продукції через те, що мали негативний досвід роботи з недостатньо знезараженими субстратами.

– *Питання законодавчого регулювання.* В США питання законодавчого плану вирішено нещодавно. Причиною стали конфлікти між виробничниками та жителями, яких турбували неприємна близькість до вермикомпостуючих виробництв. В Україні ця сфера по суті практично державою не регулюється, крім загальних вимог санітарно-епідеміологічного законодавства.

- *Управління технологічними процесами*. Його не можна пускати на самоплив, а реагувати, лише коли виникає ситуація «всі черв'яки загинули, що робити?». Моніторинг складу сировини та токсичність, вміст ВМ, збудників хвороб; оптимальна швидкість завантаження нових порцій сировини; наявність запасного маточного поголів'я; строгий контроль температури, вологості, концентрації кисню – жоден із цих критеріїв не можна залишити без уваги.

- *Фінансова сторона*. Високий економічний потенціал виробництва вермикомпосту та вермикультури в США дуже сильно зіпсували недобросовісні фінансові махінації. По суті, будувалася «піраміда МММ» за схемою Понці. Шахраї пропонували придбати інвесторам дощових черв'яків за певною ціною, обіцяючи викупити збільшену біомасу у майбутньому за погодженою ціною. За цією схемою мали прибуток тільки початкові інвестори за рахунок внесків нових вкладників. Так багато людей втратили гроші та скаржилися у пошуках захисту. Журнал Worm Digest присвятив цілий щоквартальний випуск свого видання під назвою «Питання зворотного викупу» із порадами та попередженнями, які вже запізнилися, для потенційних інвесторів, повідомляючи про шахрайські компанії [30]. Тому автори роботи [27] попереджають, що «… Одним із самих значних обмежень для успішного комерційного

потенціалу вермипідприємств … може бути заплямована історія вермиіндустрії».

Таким чином, аналіз досвіду організації виробництв з біоконверсії органічних відходів за допомогою вермикультури в США, Канаді, Великобританії засвідчив про досить високі ризики інвестицій у крупнотонажні виробництва через значну невизначеність багатьох аспектів планування та ліцензування. Для стійкого розвитку виробництва слід перш за все мати чітку маркетингову картину щодо реалізації кінцевого продукту. Не можна легковажно керуватися принципом: «Ми побудуємо виробництво, а клієнти прийдуть». Без достатніх об'ємів поставок сировини та продажу навіть найкраща перспектива найбільш капіталізованого бізнесу крупномасштабного вермикомпостування в кінцевому результаті не зможе зберегти виробництво і своє майбутнє існування.

Список використаних джерел

1. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т. 1. /А.Е.Кузнецов [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 629 с.
2. Городний Н.М. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н.М. Городний, И.А. Мельник, М.Ф. Повхан и др. – К.: Урожай, 1990. – 256 с.
3. Титов И.Н. Дождевые черви. Руководство по вермикультуре в двух частях. Часть I: Компостные черви. – М.: ООО «МФК Точка Опоры». 2012. – 284 с.
4. Покровская С.Ф. Использование дождевых червей для переработки органических отходов и повышения плодородия почв (вермикультура) / С.Ф. Покровская. – М.: Агропром., 1991. – 32 с.
5. Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы: Сб. научн. тр. / Ред. кол.: С.Л. Максимова [и др.]. – Минск, 2013. - 250 с.
6. Компанія ТОВ Верміс-груп. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://vermis-group.com.ua/index/tekhnologichni_cherv_39_jaki/0-10.
7. Жариков Г.А. Проблема оценки риска при вермикомпостировании органических отходов / Г. А. Жариков, А. В. Шаланда // Агро XXI, 2008. – Т. 1-3. – С.33-35.
8. Фещенко Д. В. Особенности распространения и выживания возбудителей нематодозов сельскохозяйственных животных в кормах и дождевых червях / Д. В. Фещенко, О. А. Згозинская // Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса: Материалы III-й Междунар. конф. – Ставрополь, 2014. – Вып. 7, т. 2. − С. 424-428.

9. Рудакова Л.В. Разработка технологии утилизации твердых отходов целлюлозно-бумажного производства методом вермикультивирования: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Перм. гос. техн. ун-т. - М., 1996. – 16 с.
10. Giunchi T., Veronesi G. Zecchi G. Composting plant in the city of Forli – the public administration experience: In The Science of Composting, edited by De Bertoldi, N., Sequi P., Lemmes B. at al. / London: Blackie. – 1996. – P. 748-757.
11. Evans T.D. Sewage sludge: Operational and Environmental Issues / Foundation of Water Research, 2011. – 34 pp. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.fwr.org/sludge.pdf.
12. Edwards C.A. Biology and ecology of earthworm (3rd edn.) / Edwards C.A., Bohlen P.J. – London: Chapman and Hall. – 1996. – 426 pp.
13. Haimi J.(1992) Bioaccumulation of organochlorine compounds in earthworms / J.Haimi, J. Salminen, V. Huhta, et al. // J. of Soil Biology & Biochemistry, 1992. – Vol. 24, No. 12. – P. 1699-1703.
14. Покаржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных / А.Д. Покаржеский. – М.: Наука, 1985. – 300 с.
15. Shahmansouri M.R. Heavy Metals Bioaccumulation by Iranian and Australian Earthworms (*Eisenia fetida*) in the Sewage Sludge Vermicomposting / M.R. Shahmansouri, H. Pourmoghadas, A.R. Parvaresh et al. // Iranian J. Env. Health Sci Eng. – 2005. – Vol. 2, No. 1. – P. 28-32.
16. Raju Panday. Bioconcentration of heavy metals in vermicomposting earthworms (*Eisenia fetida*, *Perionyx excavatus* and *Lampito mauritii*) in Nepal / Raju Panday, Buddha Bahadur Basnet, Padam Shekhar Bhatt et al. // J. Microbiol, Biotech Food Sci. – 2014. – Vol. 3, No. 5. – P. 416-418.
17. Satyawati Sharma. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review / Satyawati Sharma, Kaviraj Pradhan, Santosh Satya et al. // The Journal of American Science. – 2005. – Vol. 1, No. 1. – P. 4-16.
18. Kaonga C.C. Accumulation of lead, cadmium, manganese, copper and zinc by sludge worms; *Tubifex tubifex* in sewage sludge / C.C.Kaonga, J. Kumwenda, H.T. Mapoma // International J. Environmental Sci &Technology. – 2010. – Vol. 7, Issue 1. – P. 119-126.
19. Mitchell M.J. Role of invertebrates and microorganisms in sludge decomposition. In: Hartenstein, R. (ed). Utilization of Soil Organisms in Sludge Management. – Natl. Tech. Inf. Services, PB286932, Springfield, Virginia, 1978. – P. 35-50.
20. Bruce R. Eastman. The Effectiveness of Vermiculture in Human Pathogen Reduction for USEPA Biosolids Stabilization / Bruce R. Eastman, Philip N. Kane, Clive A. Edwards et al. // Compost Science & Utilization. – 2001. – Vol. 9, No. 1. – P. 38-49.
21. Sinha Rajiv. K., Sunil Heart, and Dalsukh Valani. Earthworms - The Environmental Engineers: Review of Vermiculture Technologies for Environmental Management and Resource Development; In R.K. Sinha, Sunil Herat & Sunita Agarwal (Eds.). Special Issue on ‘Vermiculture Technology for Environmental Management and Resource Development); Int. J. of Global

Environmental Issues; Inderscience Pub.USA. – 2010. – Vol. 10, No. 3/4. – P. 265- 292.
22. Sinha Rajiv K., Krunal Chauhan, Dalsukh Valani, et al. Earthworms – The Waste Managers: Their Role in Sustainable Waste Management Converting Waste into Resource While Reducing Greenhouse Gases; NOVA Science Publishers, N.Y., USA; 2011.
23. Seema Rani. Earthworms: ecofriendly environmental engineers / Seema Rani, Nitish Bansal, and Vineeta Shukla // J. Biology Earth Sci. – 2013. - Vol 3, Issue 1. – P. B89-B92.
24. Yung-Tse Hung. Living Machines for Bioremediation, Wastewater Treatment, and Water Conservation / Yung-Tse Hung, Joseph F. Hawumba, and Lawrence K. Wang // Modern Water Resources Engineering. – 2014. - Vol. 15. – P. 681-713.
25. Біотехнології в екології : навч. посібник / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 184 с.
26. Ефективність виробництва і застосування органічних добрив "Біогумус", виготовлених методом вермикультивування / Олександра Сендецька // Вісник Тернопільського національного економічного університету. - 2014. - Вип. 1. - С. 164-171.
27. Jensen, J., Christie, B., and Edwards, C.A. The Commercial Potential and Economics of Vermicomposting. In : Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management / Ed. C.A. Edwards, N.A. Arancon, and R.L. Sherman. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2011. – P. 303-322.
28. Frederickson J. Vermicomposting Trial at the Worm Research Centre: Part 1, Technical Evaluation; Part 2 Financial Evaluation and Market Potential. The Open University, Worm Research Centre and Urban Mines, Ltd., United Kingdom, 2003. - 93 p.
29. Edwards C.A. Medium- and High-Technology Vermicomposting Systems. In Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management / Ed. C.A. Edwards, N.A. Arancon, and R.L. Sherman. - CRC Press, Boca Raton, Florida. – 2011. – P. 91-102.
30. Frankel, S. Z. (Ed.) – Worm Digest, 2003. – No. 32. Eugene, Oregon.

РОЗДІЛ 5 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ БІОКОНВЕРСІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

5.1 Переробка посліду птиці

Для переробляння використовують послід, що надходить з виробничих зон утримування чи вирощування птиці, який допущений до переробляння органами ветеринарно-санітарного нагляду.

Залежно від *виду птиці* послід класифікують на отриманий від курей, курчат-бройлерів, індиків, гусей, качок.

Залежно *від способу утримування* птиці послід класифікують на послід з підстилкою (ПП); послід без підстилки (ПБ), який поділяють на нативний, рідкий та сухий.

Хімічний склад посліду залежно від технології утримування птиці наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Хімічний склад посліду птиці залежно від умов утримання [1]

Вид посліду	Вологість, %	Азот загальний	Фосфор у розрахунку на P_2O_5	Калій у розрахунку на K_2O
		% (мас.) у розрахунку на сиру речовину		
Безпідстилковий				
Курячий	71–73	1,7–1,9	1,8–2,0	0,5–0,6
Індичий	64–66	0,3–0,9	0,6–0,7	0,5–0,6
Гусячий	80–82	0,6–0,8	0,5–0,6	0,8–1,0
Качиний	80–82	0,9–1,0	1,1–1,5	0,3–0,4
Підстилковий				
На основі торфу	48	2,05	1,90	0,80
На основі тирси	23	2,05	1,78	0,80
На основі торфу й тирси (20 %)	31	1,81	2,32	0,93
На основі торфу й соломи (20 %)	35	2,43	1,79	0,70
Сухий пташиний послід (%) на суху речовину	20	3,0	3,5	1,2

При виборі методу біоконверсії посліду потрібно враховувати його кількісні та якісні параметри, санітарний стан, вологість, відповідність санітарно-гігієнічним вимогам технології переробки,

природно-кліматичним умовам, вимогам до використання готового продукту, технічним можливостям організації, що проводить переробку посліду тощо.

Місце спорудження систем видалення і підготування посліду до використання та систем переробляння узгоджуються з державною ветеринарною службою відповідно до вимог чинного ветеринарного законодавства [1-2]. Територія для застосування, виробничі майданчики та споруди повинні забезпечувати можливість проведення технологічних операцій підготування та переробляння посліду за умови дотримання вимог, встановлених ДБН В.2.4-4 і ДБН В.2.2-1, ветеринарно-санітарними правилами [2, 4]. Всі споруди систем підготування до використання посліду і стічних вод мають бути забезпечені гідроізоляцією для надійного захисту від фільтрації рідкої частини посліду та стічних вод у ґрунтові води, а також інфільтрацію ґрунтових вод у споруди. На майданчиках систем оброблення, зберігання і знезараження посліду й стічних вод передбачають з підвітряного боку смугу зелених насаджень.

Технологія аеробного компостування

Технологічне обладнання процесу аеробного оброблення посліду (компостування): автосамоскиди, тракторні причепи, навантажувачі-екскаватори, змішувачі-аератори, насоси, ферментаційна камера з аераційним устаткуванням, подрібнювач соломи, транспортер стрічковий, машина для приготування компостів.

Для приготування вихідних компостних сумішей дозволено використовувати неінфікований послід видів (ПП) та (ПБ), якщо немає заразних хвороб на птахівницьких підприємствах, який не містить патогенних мікроорганізмів, яєць та личинок гельмінтів, цист кишкових патогенних найпростіших згідно з МУ 2156 [5] .

Основні параметри, що визначають технологічні вимоги процесу приготування вихідних компостних сумішей, є:

– Вологість (компостування проводять за вологості компостних сумішей від 50 % до 70 %);

– Вміст органічної речовини (не менше 25 %);

– pH у межах 6,0-8,0.

У випадку, коли вологість підстилкового посліду нижча за рекомендовану, застосовують додаткове зволоження водою або рідкими відходами, зокрема дозволено використовувати осади стічних вод згідно зі СНиП 2.04.03. Якщо ж вологість перевищує вказаний діапазон (до 85 %), тоді вводять вологопоглинальні компоненти рослинного походження: солому, тирсу, торф тощо.

Кількість вологопоглинального матеріалу ($Д_{вм}$, %) для змішування з 1 т посліду визначають за формулою (5.1):

$$Д_{вм} = \frac{В_п - В_к}{В_к - В_{вм}}, \quad (5.1)$$

де $В_п$ - вологість посліду, % ;

$В_к$ - вологість компостної суміші, %;

$В_{вм}$ - вологість вологопоглинального матеріалу, %.

У випадку, коли вологість безпідстилкового посліду перевищує 85-89 %, доцільно розділити його на фракції за допомогою центрифуг, фільтрів-пресів тощо. Виділену фракцію з вологістю 50-70 % використовують для компостування, рідку фракцію переробляють аналогічно до стічних вод.

Для отримання компостів заданого складу, збалансованих за вмістом поживних елементів, інтенсифікації мікробіологічних процесів під час компостування та зменшення втрат поживних речовин до компостної суміші додають активні біологічні та мінеральні добавки [6-10]. Так, для балансування співвідношення поживних елементів у компості й запобігання сильному промерзанню його в зимовий час до суміші хлорид додають калію, у разі низького pH – вапняні матеріали (крейду або борошно вапнякове), для посилення мікробіологічних процесів і зменшення втрат азоту – фосфоритне борошно, суперфосфат, фосфогіпс, як азотну добавку – сульфат амонію, аміачну селітру тощо.

Доцільність, кількість і види добавок, що додають до компостної суміші, встановлюють залежно від конкретних умов виробництва та способу використання готового продукту. Кількість і склад добавок визначають залежно від вихідних даних посліду – pH, наявності поживних речовин і речовин, необхідних для подальшого використання продукту.

Орієнтовно рекомендовано такі кількості добавок (у відсотках до маси сирої компостної суміші):

– крейда, хлорид калію, суперфосфат – від 1 % до 2 %;

– фосфоритне борошно – від 2 % до 3 %;

– фосфогіпс – від 3 % до 5 %;

– сульфат амонію – від 3 % до 3,5 % (у разі низьких показників вмісту азоту).

Способи компостування

Відповідно до описаних вище технологічних рекомендацій, компостування здійснюють у вигляді:

– польового у штабелях (буртах);

– у біотермічних камерах (біореакторах);

– вермикомпостування.

Технологія польового компостування у штабелях

Компостну суміш на майданчиках компостування закладають без ущільнення, починаючи з одного краю на всю висоту штабеля. Рекомендовані параметри штабеля наведено в табл. 5.2. Під час визначення довжини штабеля слід враховувати технічні можливості його подальшого переміщування – готовий штабель треба перемішувати протягом однієї доби. Термін дозрівання компосту у штабелях залежить від використання вологопоглинального матеріалу – при використанні торфу, лігніну, ґрунту – до 2 місяців, а соломи, тирси – до 6.

За температури навколишнього середовища нижче ніж 0°С компостну суміш рекомендовано укладати в один суцільний штабель заввишки від 1 м до 1,25 м. У разі настання стійких плюсових температур суміш перемішують та укладають у штабелі відповідних геометричних розмірів. Штабелі у процесі формування покривають землею, торфом або визрілим компостом заввишки: влітку – від 15 до 20 см, взимку – від 30 до 40 см. Для знищення у зовнішніх шарах штабелів личинок мух їх поверхню наприкінці формування слід обробляти інсектицидами, зареєстрованими в Україні, згідно з інструкцією щодо їх застосування.

Штабелі компостної суміші перемішують через 7-10 днів після початку інтенсивного біотермічного процесу та повторюють через 1-1,5 місяця.

Таблиця 5.2 – Орієнтовні розміри штабелів та термін дозрівання компостної суміші відповідно до технології біоконверсії [1]

Характеристика технології	Розміри штабеля						Термін дозрівання суміші, місяці
	Висота, м	Довжина, м	Ширина нижньої основи, м	Площа нижньої основи, $м^2$	Ширина верхньої основи, м	Об'єм, $м^3$	
Компостування з природною аерацією	1,8-2,0	10-50	3-4	30-200	2-3	65-525	2-6
Компостування з примусовою аерацією	1,8-2,0	10-50	3-6	30-300	2-4	65-1240	1-3
Зберігання готового компосту	До 2	До 30	До 15	До 450	До 5	До 1435	Необ-межен ий

Перемішувати бурт можна на місці закладання або пересуванням штабеля на інше місце. Перемішування проводять за допомогою навантажувача, екскаватора з ковшем місткістю 0,5-1,5 $м^3$, буртоукладачів або інших механізмів так, щоб зовнішній шар був повністю всередині створеного нового штабеля. Можна складати на майданчиках компостування безпідстилковий послід без попереднього підготування у разі дотримування таких умов:

– на майданчик попередньо доставляють і розрівнюють по поверхні поля матеріал, що поглинає вологу (суміш посліду з підстилкою, стружку дерев, подрібнену солому, торф, подрібнену деревину або інші місцеві органічні відходи) завтовшки не менше ніж 10 см;

– на матеріал, що поглинає вологу, пошарово у визначеному співвідношенні вивантажують послід і місцевий органічний компонент;

– масу змішують і формують бурт трикутної форми.

Прискорене біотермічне компостування у штабелях виконують за умов примусової аерації згідно зі СНиП 2.04.03. Продуктивність аераційної системи визначають за умов подання 0,8 $м^3$ повітря для аерації 1 кг органічної речовини компостної суміші. Під час проектування зони штабелів з примусовою аерацією передбачають закладання в основу штабеля перфорованих труб діаметром від 100 мм до 200 мм з розмірами отворів від 8 мм до 10 мм та подавання повітря від 15 $м^3$/год. до 25 $м^3$/год. на 1 т органічної речовини компостної суміші. Вентиляційна система складається з аераторів, улаштованих на відстані від 2-2,5 м один від одного та об'єднаних попарно вертикальними стояками. Горизонтальні канали улаштовують з дошки завширшки 30-40 см. Між каналами укладають крупні фракції компостної суміші. На вентиляційних стояках улаштовують засуви для регулювання інтенсивності аерації.

Для проходження активного процесу компостування оптимальну вологість штабеля підтримують на рівні не нижче ніж 60 %. За відсутності дощів і зниження температури всередині штабеля його зволожують до досягнення оптимальної вологості:

– під час перемішування у разі компостування природним методом;

– поливанням штабеля у разі компостування прискореним методом.

Зволожують водою або рідкими відходами (стічними водами).

Аналітичний контроль процесу компостування у штабелях

Постійно контролюють температуру й вологість у штабелі. Режими та фази компостування описано в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Технологічні параметри фаз компостування

Фаза	Температура, °С	Кратність добового повітрообміну, відносно об'єму пористої суміші	Тривалість перебігу стадії, діб
Мезофільна	31-35	5-16	30-210 залежно від типу аерації – природної чи примусової
Термофільна	51-55	17-45	Не менше 4 за умов рівномірного розігрівання до 55°С

У штабелях літнього закладання температура досягає потрібного рівня через 5-10 днів і тримається на цьому рівні 15-20 днів, потім протягом 3-4 місяців знижується до 30-35°С. У разі осінньо-зимового закладання температура всього штабеля досягає 50-60°С через 1,5-2 місяці та залишається такою протягом двох тижнів, потім 2-3 місяці тримається на рівні 20-30°С, влітку – до 3040°С.

Температуру в штабелі контролюють термометрами з металевим корпусом (ДСТУ ISO 1770 або ГОСТ 28498) завдовжки не менше ніж 80 см зі шкалою до 110°С.

Температуру у штабелі замірюють з періодичністю один раз на п'ять днів до досягнення нею максимуму, потім – через два тижні, надалі – один раз на місяць. Для визначення температури у штабелі треба зробити отвори металевим або дерев'яним прутом у декількох місцях штабеля: з боків, у середині й зверху на глибину 50-60 см. Термометри можуть бути в штабелі постійно або їх занурюють в отвори за потреби; в цьому разі під час кожного занурення термометра у штабель потрібно вичікувати 5-10 хв., після чого знімають покази.

Технологія компостування у біотермічних камерах (біореакторах)

Біотермічні камери (біореактори) використовують для прискореного компостування закритим способом. Послід чи компостну суміш до біореакторів завантажують зверху без ущільнення; максимальна тривалість завантаження повинна не перевищувати 4 доби. Максимальна температура розігрівання сягає

65-70°С, оптимальна вологість 50-55 %. Тривалість компостування має становити 40 діб улітку та 60 діб узимку. Регулюванням інтенсивності аерації скорочують тривалість дозрівання компосту до 8-10 діб.

При компостуванні в біореакторах для забезпечення аерації їх конструкція передбачає наявність припливних отворів в нижній частині стін. Аератори всередині мають вигляд перфорованих азбестоцементних або полімерних труб діаметром 100-200 мм і розмірами отворів 8-10 мм. Вентиляційна витяжка повинна мати дефлектор і бути наповненою газопоглинальними матеріалами. Обов'язковий елемент конструкції – засув для упередження невимушеного витікання біогазу з відвідної труби.

Біореактор обладнують автоматичним керуванням процесу подавання повітря залежно від досягнутої температури компостованого матеріалу. В зимовий час біореактор має бути утеплено. Об'єм біореактора повинен продуватися повітрям з температурою 10-50°С з розрахунку 0,4-0,6 $м^3$ повітря на 1 кг сирої маси компосту протягом процесу компостування. Інтенсивність аерації має відповідати вимогам, наведеним в табл. 5.3. Компост видаляють через розташовані з боків люки.

Контролювання процесу компостування у біореакторах

Інтенсивність зростання температури на стадії саморозігрівання суміші повинна становити від 1,0°С/год. до 2,0°С/год. Процес компостування повинен вийти на термофільний режим протягом 1-1,5 доби.

Технологія вермикомпостування

Суміш для вермикомпостування готують аналогічним чином і вона
повинна відповідати таким вимогам:

– вологість – від 70 % до 80 %;

– pH – у межах від 7,0 до 8,0;

– вміст мінеральних речовин – не більше ніж 10 %.

Вермикомпостування проводять цілорічно в закритих опалювальних приміщеннях на стелажах і в грядах на підлозі або, за можливості, на відкритих майданчиках у грядах. Ширину стелажів та гряд рекомендовано від 1 м до 1,2 м, довжину – довільно, за розмірами майданчику.

Підготовчий етап включає хімічний аналіз конкретної сировини та визначення складу суміші, яку необхідно приготувати для подальшого вермикомпостування. За одержаними результатами

визначають обсяг вермикультури, проводять її адаптацію до конкретної суміші, визначають технологічну схему компостування.

На стадії вермикомпостування вносять вермикультуру з розрахунку 100 черв'яків на 1 $м^2$ площі гряди з приготованою сумішшю, причому рекомендовано цей етап здійснювати надвечір чи у похмуру погоду. Гряду з сумішшю, заселеною вермикультурою, зверху накривають травою для захисту від прямих сонячних променів та зниження випаровування вологи. Гряди періодично зрошують та розпушують верхній шар.

Вермикомпостування, як правило, триває протягом 2-3 місяців за температури 16-32°С (оптимум – 24°С). Після закінчення процесу вермикомпостування відокремлюють вермикультуру від готового компосту на механічних віброситах з розміром отворів від 0,5 см до 1 см. Черв'яків, що залишаються на ситі, дозволено використовувати для подальшого отримання вермикомпосту з наступної партії компостної суміші. Для видалення надлишкової вологи отриманий компост підсушують у потоці гарячого повітря до досягнення вологості від 50 % до 60 %.

Питому продуктивність споруд вермикомпостування приймають:

– для закритих приміщень: за вихідною компостною сумішшю – 1,5 $т/м^2$, готовим біогумусом – 0,7 $т/м^2$, за біомасою вермикультури – 22 $кг/м^2$ на рік;

– для відкритих майданчиків: за вихідною компостною сумішшю – 0,7 $т/м^2$, готовим біогумусом – 0,33 $т/м^2$, за біомасою вермикультури –10,5 $кг/м^2$ на рік.

Технологія анаеробного обробляння посліду (зброджения)

Технологічне обладнання процесу анаеробного обробляння (зброджування) посліду включає систему конвеєрів, приймальний бункер, подрібнювальне обладнання, центрифуги, стрічкові або камерні преси, насоси, метантенки, газгольдери, теплообмінники, обладнання для очищення біогазу, когенераційну установку.

Послід для анаеробного зброджування потребує попередньої обробки: гомогенізації (сировина не повинна містити домішок розміром більше ніж 20 мм та твердих мінеральних частинок). Оптимальні параметри сировини для анаеробного зброджування:

– вологість – від 90 % до 92 %;

– масова частка золи – від 15 % до 16 %;

– pH – 6,0-7,5.

Органічні відходи (субстрат) не повинні містити речовин, які пригнічують життєдіяльність метаноутворювальних організмів (важкі

метали, антибіотики, дезінфікуючі засоби тощо). Зброджування треба проводити в метантенках, які мають бути герметичними, з теплогідроізоляцією, мати пристрої завантаження підготовленого посліду і вивантаження збродженої біомаси та відведення біогазу.

Для інтенсифікації метаногенезу метатенки обладнують механізмами для примусового перемішування, руйнування кірки і підігрівання. Проектуються системи споруд анаеробного зброджування посліду треба відповідно до СНиП 2.04.03.

Зброджування доцільно проводити з підігріванням і підтриманням температур: (33±2)°С для стадії мезофільного бродіння, або (53±2)°С – термофільного. Нагрівання посліду раціонально проводити в теплообмінниках з використанням скидного тепла двигунів-генераторів. Тривалість зброджування субстрату у метантенках залежить від фізико-хімічних властивостей сировини, температурного режиму, заданого ступеня розкладу органічної речовини. Доцільно дотримуватися тривалості процесу: для мезофільного режиму – від 10 діб до 30 діб, для термофільного режиму – від 7 діб до 15 діб.

Для стабільності процесів анаеробного зброджування посліду та інтенсифікації роботи метантенків необхідно забезпечити попереднє підготування посліду, його нагрівання, безперервне завантажування-розвантажування попередньо підігрітого посліду, щоб стабілізувати швидкість анаеробного розкладання частини органічної речовини, що зброджується, і забезпечити рівномірне видалення біогазу протягом доби.

Умови технологічного процесу наступні:

- Співвідношення суміші сирого та збродженого субстрату має бути приблизно 1:10;

– Перемішувати суміш в резервуарах метантенків з оптимальною інтенсивністю, щоб забезпечити ефективне використання всього об'єму резервуара,

- Попереджати утворення мертвих зон, розшаровування посліду, відкладання мінералізованого осаду та утворення кірки, вирівнювання температурного градієнту, покращення газоутворення. Перемішування має бути розраховано так, щоб загальний об'єм суміші в метатенках перемішувався не менше ніж 5 разів на добу;

– Підтримувати оптимальну температуру режиму зброджування;

– Забезпечити оптимальні умови для популяції метан-продукуючих мікроорганізмів.

Для реалізації останнього пункту необхідно забезпечити сталість температури й тиску, суворий анаеробіоз, відсутність світла, нейтральне або слаболужне середовище.

Після завершення стадії бродіння масу посліду доцільно розділити на тверду й рідку фракції центрифугуванням або пресуванням на стрічкових чи камерних пресах. Частина рідкої фракції, розведеної чистою водою, використовується для розбавлення посліду, інша – на добриво. Ступінь розбавляння водою рідкої фракції визначають розрахунковим способом, виходячи з об'єму води, необхідного для досягнення необхідної вологості посліду. Тверду фракцію посліду застосовують як добриво.

Для одержання сухого посліду вологістю до 12 % тверду фракцію обробляють у сушильному агрегаті за температури на виході 100-130ºС протягом 45-60 хв.

Вихід біогазу (Q, $м^3$) розраховують за формулою (5.2):

$$Q= 0,125\ q\cdot\ (100 - з)\cdot\ (100 - W)\ n, \qquad (5.2)$$

де q – добовий вихід посліду, т/добу;

з – масова частка золи, %;

W – вологість, %;

n – ступінь бродіння; n = 0,15-0,4.

5.2 Знезаражування інфікованого посліду та стічних вод

У разі, якщо послід не відповідає ветеринарно-санітарним вимогам (виявлено патогенні мікроорганізми, яйця та личинки гельмінтів, цисти кишкових патогенних найпростіших тощо згідно ГОСТ 17.4.4.02), або в разі виникнення епізоотії на птахівницьких підприємствах послід необхідно знезаражувати. Вибір методу знезаражування й організацію робіт з ліквідації епізоотії виконується в обов'язковому порядку за вказівкою та під контролем державної служби ветеринарної медицини з урахуванням збудника й об'ємів органічних відходів, які слід знезаразити. [11].

У разі виникнення обґрунтованої підозри на рояву інфекційної хвороби в господарстві, послід збирають у спеціальні санітарні ємності або витримують у секційних сховищах. Ємність для складання посліду в період епізоотії повинна мати об'єм не менше ніж з розрахунку на 45-добовий вихід посліду. Термін витримування посліду на карантині регламентують до з'ясування епізоотичної ситуації в господарстві, встановлення діагнозу тощо згідно [2].

Якщо діагноз підтверджено – послід та підстилку обробляють відповідно до Інструкцій з профілактики, боротьби та ліквідації окремо встановленої хвороби під контролем державної служби

ветеринарної медицини. Якщо в посліді виявлено наявність значної кількості умовно-патогенних мікроорганізмів кишкової групи (протей, стафілокок, синьогнійна паличка, патогенні серотипи кишкової палички, а в деяких випадках сальмонел і яєць гельмінтів), він повинен знезаражуватися.

Знезаражування посліду *методом компостування у штабелях* (наповнювачі – торф, солома, тирса тощо) проводять протягом не менше ніж 6 місяців, з яких два-три місяці мають припадати на теплу пору року. На всіх рівнях компосту температура повинна досягати 60-70ºС протягом кількох місяців. Штабелі заввишки до 2 м, завширшки зверху від 2 м до 2,5 м, завдовжки без обмежень розміщають на водонепроникному покритті.

Знезаражують безпідстилковий послід *у біореакторах* за температури проведення процесу від 50ºС до 55ºС й тривалості витримки компосту не менше ніж 14 діб (без додавання свіжої маси посліду в біореактор).

Знезаражування безпідстилкового посліду *анаеробним бродінням* проводять за температури від 53ºС до 55ºС та витримування посліду протягом трьох діб без додавання свіжої маси.

Знезараженим вважають послід та стічні води, в яких не буде виявлено лабораторними дослідженнями патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів та яєць гельмінтів згідно з ГОСТ 17.4.4.02.

Знезаражування стічних вод

Знезаражування поверхневого стоку, зібраного з майданчиків компостування і зберігання інфікованого посліду, проводять хімічним або біохімічним методами відповідно до даних лабораторного контролю про наявність у стоках патогенних мікроорганізмів та яєць гельмінтів і ветеринарно-санітарними вимогами.

Методи знезаражування стічних вод – хімічний та біологічний. Хімічний метод здійснюють введенням 30 кг аміаку на 1 $м^3$ стічних вод і експозиції 5 діб у разі покриття дзеркала рідини емульсійною плівкою масляного альдегіду шаром від 1 мм до 2 мм або формальдегідом у кількості 0,3 % маси, яку обробляють, з наступним перемішуванням і витримуванням протягом 72 год. та гомогенізацією протягом 6 год.

Допускається використовувати інші дезінфектанти, дозволені й зареєстровані в Україні, згідно з настановами щодо їх застосування.

Біологічний метод передбачає витримування стічних вод у накопичувальних місткостях протягом усього періоду епізоотії і карантинування компосту (12 місяців).

Знезаражування стічних вод від пташників після біологічної очистки здійснюють хлоруванням або пропусканням через контактні біологічні ставки з внесенням у них спеціально підібраного комплексу популяцій мікроводоростей.

Стічні води від пташників, одержані під час миття обладнання й приміщень, переробляють згідно з вимогами МР 1847 [12].

Компости, одержані після аеробного обробляння посліду, й тверда фракція, отримана після анаеробного оброблення посліду (органічну суміш), використовують за наявності дозволів санітарної та агрономічної служб. Органічну суміш використовують як добриво у сільському та лісному господарствах, у зеленому будівництві, для рекультивації земель, як паливо.

За агрохімічними та фізико-хімічними показниками органічна суміш має відповідати нормам, наведеним у табл. 5.4.

За санітарно-бактеріологічними показниками органічна суміш повинна відповідати вимогам МУ 2156 [11]. Допустимі норми токсикологічних показників органічної суміші мають відповідати вимогам РД 52.18.266 [13].

Обчислення доз органічної суміші для внесення

Доза внесення добрив (Д, т/га) – це допустиме гігієнічне навантаження на ґрунт з урахуванням фонового вмісту важких металів у ґрунтах та ГДК кожного металу. Її обчислюють за формулою (5.3):

$$Д_{гіг} = \frac{(ГДК - Ф) \cdot 3 \cdot 10^3}{С}, \qquad (5.3)$$

де $Д_{гіг}$ – доза внесення органічної суміші, т/га сухої речовини;

ГДК – гранично допустима концентрація важкого металу в ґрунті, мг/кг;

Ф – фоновий вміст важкого металу в ґрунті, мг/кг;

С – вміст металу в органічній суміші, мг/кг сухої речовини. Обчислення за формулою (5.3) роблять для кожного важкого металу окремо. Для вибору доз внесення треба брати мінімальне з одержаних розрахункових значень.

Одночасно потрібно обчислювати агрохімічне навантаження (Н, т/га) за формулою (5.4), яка враховує вміст азоту в добриві та його винос культурою, що вирощують:

$$Н_{агр} = \frac{10 \cdot Ур \cdot N_в}{(100 - W) \cdot N_д}, \qquad (5.4)$$

де $Н_{агр}$ – агрохімічне навантаження, т/га;

$У_р$ – запланований урожай, ц/га;

$N_в$ – винос азоту вирощуваною культурою, кг/ц;

$N_д$ – вміст доступного азоту в добриві, кг/т;

W – вологість вихідного субстрату, %.

Таблиця 5.4 – Агрохімічні та фізико-хімічні показники органічної суміші

Показник	Норматив для застосування у:		Методи контролю
	сільському господ-дарстві	лісному господарстві, зеленому будівництві; для рекультивації земель	
1. Вміст фракцій крупніше ніж 50 мм, на суху речовину, %, не більше ніж	2	2	Розсівання добрива на ситах з розміром отворів 50 мм
2. Масова частка органічної речовини, на сухий продукт, %, не менше ніж	40	40	ГОСТ 27980
3. Масова частка вологи, %	Від 20 до 80	Від 20 до 80	ДСТУ EN 12048 та ГОСТ 26713
4. Показник концентрації водневих іонів, pH, у межах	від 6,5 до 8,0	від 6,5 до 8,0	ГОСТ 27979
5. Масова частка поживних речовин, на сухий продукт, %, не менше ніж:			
- азот загальний	1,8	1,5	ГОСТ 26715, ДСТУ ISO 4176 та/або ДСТУ ISO 5315
- фосфор (P_2O_5) загальний	2,0	1,8	ГОСТ 26717
- калій (K_2O) загальний	0,1	0,1	ГОСТ 26718, ДСТУ ISO 5310 та/або ДСТУ ISO 5318

Під час порівняння розрахованих гігієнічного й агрохімічного навантажень можуть виникнути варіанти:

– $Н_{гіг}$ більше ніж $Н_{агр}$;

– $Н_{гіг}$ приблизно дорівнює $Н_{агр}$;

– $Н_{гіг}$ менше ніж $Н_{агр}$;

У першому випадку добриво можна використовувати під зернові, кормові та технічні культури, причому чим більша кратність відношення $Н_{гіг}/Н_{агр.}$, тим безпечніше тривале використання продукту, отриманого після біологічного оброблення посліду, певного складу в кожному конкретному випадку.

У другому випадку відношення менш сприятливе, що обумовлено високим фоновим вмістом металів у ґрунті або високою концентрацією їх в органічній суміші. За цих умов продукт може бути використаний однократно. Тривале використання вимагає проведення моніторингу вмісту важких металів у продукції та ґрунті.

У третьому варіанті внесення отриманого продукту в ґрунт не дозволено, необхідно вишукувати альтернативні способи утилізації.

Розрахунок кількості того чи іншого важкого металу, яка може бути внесена в ґрунт понад фонове утримання, щоб не відбулося перевищення в ньому ГДК елемента, за формулою (5.5):

$$Н_{ВМ} = \frac{(ГДК - Ф) \cdot h \cdot v \cdot 10^8}{10}, \qquad (5.5)$$

де: $Н_{ВМ}$ – допустима для внесення доза важкого металу, кг/га;

ГДК – гранично допустима концентрація металу в ґрунті, мг/кг;

Ф – фоновий вміст важкого металу в ґрунті, мг/кг;

h – глибина орного шару ґрунту, см;

v – об’ємна маса ґрунту, г/см^3.

10; 10^8 – коефіцієнти перерахунку дози важкого металу, кг/га.

Ураховуючи допустиму дозу важкого металу для внесення, визначену за формулою (5.5), обчислюють його норму внесення органічної суміші за формулою (5.6):

$$Т = \frac{Н \cdot 1000}{С}, \qquad (5.6)$$

де: Т – норма внесення органічної суміші, т/га;

Н – допустима доза внесення важкого металу, кг/га;

С – вміст важкого металу в органічній суміші, мг/кг;

1000 – коефіцієнт перерахунку.

Обчислення за формулою роблять для кожного металу окремо. Для обчислення норм внесення органічної суміші за формулою (5.6) беруть мінімальне з одержаних значень допустимої дози важкого металу для внесення в ґрунт.

Приклад сертифікату готового компосту

За вимогами існуючого законодавства України, на кожну партію готового компосту організацією-виробником повинен видаватися сертифікат, орієнтовна форма якого наведена нижче.

СЕРТИФІКАТ № ____ від «__»____ 20__ р.

Назва продукту :_____

Організація-постачальник: _____

Номер партії _____

Дата виготовлення (місяць, рік) _____

Маса (тонн) _____

ПОКАЗНИКИ ВЛАСТИВОСТІ ОРГАНІЧНОЇ СУМІШІ:

1. Вологість, %
2. Вміст фракцій крупніше ніж 50 мм, на суху речовину, %,
3. Масова частка органічної речовини, на сухий продукт, %,
4. pH, одиниці;
5. Масова частка поживних речовин, на сухий продукт, %,

- азот загальний
- фосфор (P_2O_5) загальний
- калій (K_2O) загальний

6. Наявність життєздатних яєць гельмінтів, шт./кг;
7. Індекс БГКП;
8. Вміст важких металів, мг/кг:

- кадмій; кобальт; мідь; нікель; марганець; свинець; стронцій; хром; цинк; ртуть; залізо.

9. Рекомендації щодо застосування: _____

Завідувач лабораторії організації-постачальника ___ (підпис, печатка)

Лікар ветеринарної служби _____ (підпис, печатка)

5.3 Анаеробна переробка гною ВРХ

Практична реалізація біоконверсії органічних відходів сільськогосподарського виробництва проведено в НУБіП України з виробництвом компостів на основі гною та соломи у 2007 р.

Технологічний процес приготування компостів складався з наступних операцій; а) приймання, складування та подрібнення соломи; б) подання, дозування сухого і напіврідкого гною та соломи; виготовлення на їх основі компостної суміші; в) змішування компостів і формування буртів; г) витримування буртів на майданчику компостування з періодичною аерацією суміші; д) відвантаження готового компосту.

Виробнича ділянка для компостування з примусовою аерацією на відкритому повітрі мала площу 0,63 га (70 х 90 м). Поверхня ділянки покрита насипним та рослинним шаром товщиною 0,5…0,6 м, далі до глибини 12-19 м – товща лесових супісків, яка перешаровується суглинками, а нижче щільні глинисті утворення. Підґрунтові води на цій території зустрічаються на глибинах 12-16 м. Коефіцієнт фільтрації лесової товщі 0,5…1,5 м/добу; лесова товща належить до другого типу за просадковістю. Як протифільтраційні заходи використано поверхневе ущільнення лесових ґрунтів.

Для забезпечення процесу виготовлення добрив передбачаються наступні складові технологічного циклу: накопичувач гною, завантажувальна естакада, площадка для зберігання соломи і органічних решток, площадка для зберігання фосфогіпсу або інших мінеральних наповнювачів, ділянка змішування компонентів, площадка для зберігання компосту, приміщення для персоналу, вагова, площадка для машин та механізмів.

Результати аналізу складу гною наведено у табл. 5.5.

У вологому гної (66-72 % вологості) потрібно регулювати співвідношення N:C для досягнення оптимального значення (20÷25) : 1 (за масою сухої речовини), необхідне для активної біоферментації субстрату в аеробних умовах. Для цього до суміші додано розраховану кількість соломи.

В конкретному прикладі співвідношення компонентів при виготовленні компостної суміші становило: сухого гною – 25 %, вологого гною – 25 %, соломи – 50 %.

Крім того, для прямого використання гною обмеження може складати вміст важких металів в ньому, показники яких нормуються за вмістом у ґрунті (табл. 5.6) та коефіцієнтами накопичення протягом певного періоду внесення.

З метою одержання якісних органо-мінеральних добрив із одночасним зниженням енерговитрат на їх виробництво використано для змішування компонентів, формування буртів і аерації компостної суміші змішувача-аератора СА-100 (рис. 5.1).

Змішувач-аератор здійснює перебивання маси бурта пошарово, а не по всьому перерізу (як наприклад, при застосуванні німецької машини "БАКГУС-5,75"), що забезпечило зменшення кратності перебивання суміші в 6 разів і досягнення економії енергоресурсів у 3 рази.

Таблиця 5.5 – Склад зразків гною різних термінів зберігання

№№	Показник	№№ зразків		
		1	2	3
1	Вологість, % (мас)	54,1	66,3	71,8
2	pH водної витяжки	8,5	8,8	8,2
3	Вміст органічної речовини, % (мас)	83,8	76,9	76,8
4	Вміст золи, % (мас.)	16,5	21,9	22,0
5	Вміст органічного вуглецю, % (мас)	31,4	28,8	28,8
6	Вміст азоту загального, мг/100 г	1479	1975	1900
7	Співвідношення N (заг.): C (орг.)	1 : 21,0	1 : 14,5	1: 15,2
8	Вміст фосфору загального в перерахунку на P_2O_5, мг/100 г	589,6	482,6	627,1
9	Вміст кальцію водорозчинного, % (мас)	0,14	0,07	0,10
10	Вміст магнію водорозчинного, % (мас)	0,08	0,08	0,10
11	Вміст хлоридів, % (мас)	0,7	0,4	0,2
12	Вміст неорганічного вуглецю у вигляді HCO_3^-, % (мас)	0,04	0,04	0,04
13	Вміст неорганічної сірки у вигляді SO_4^{2-}, % (мас)	0,59	0,64	0,55
14	Вміст неорганічних форм азоту у вигляді (усереднене значення): - амонію NH_4^+, мг/100 г - нітритів NO_2^-, мг/100 г - нітратів NO_3^-, мг/100 г	 371,5 0,5 56,5		
15	Вміст свинцю Pb, мг/кг	8,0	4,8	2,8
16	Вміст міді Cu, мг/кг	8,5	9,6	4,6
17	Вміст кадмію Cd, мг/кг	0,6	1,1	1,1
18	Вміст цинку Zn, мг/кг	82,2	26,0	62,5

Таблиця 5.6 – Гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних речовин у ґрунті за показниками шкідливості [14-16]

№№ з/п	Назва забруднюючої речовини	ГДК (мг/кг) за загально-санітарним показником шкідливості
1	Мідь валова	100
2	Нікель валовий	100
3	Цинк валовий	300
5	Хром валовий	100
6	Фтор водорозчинний	25,0
7	Марганець валовий	1500
8	Свинець валовий	100
9	Миш'як валовий	10,0
10	Ртуть валова	5,0
11	Свинець + ртуть валові	30 + 2
12	Кадмій валовий	3,0

Рисунок 5.1 – Змішувач-аератор СА-100 для приготування біокомпосту

Порядок приготування компостів із застосуванням змішувача-аератора був наступним: на майданчику з твердим покриттям формується основа тригранного бурта із соломи. Укладання компостної суміші здійснюється в бурт трикутного перерізу висотою 3,0—3,5 м і довжиною до 100 м. На одну з граней за допомогою розкидача з бічним викидом наноситься шар біологічно активного компоненту — гною (рис. 5.2). При потребі може додаватися фосфогіпс.

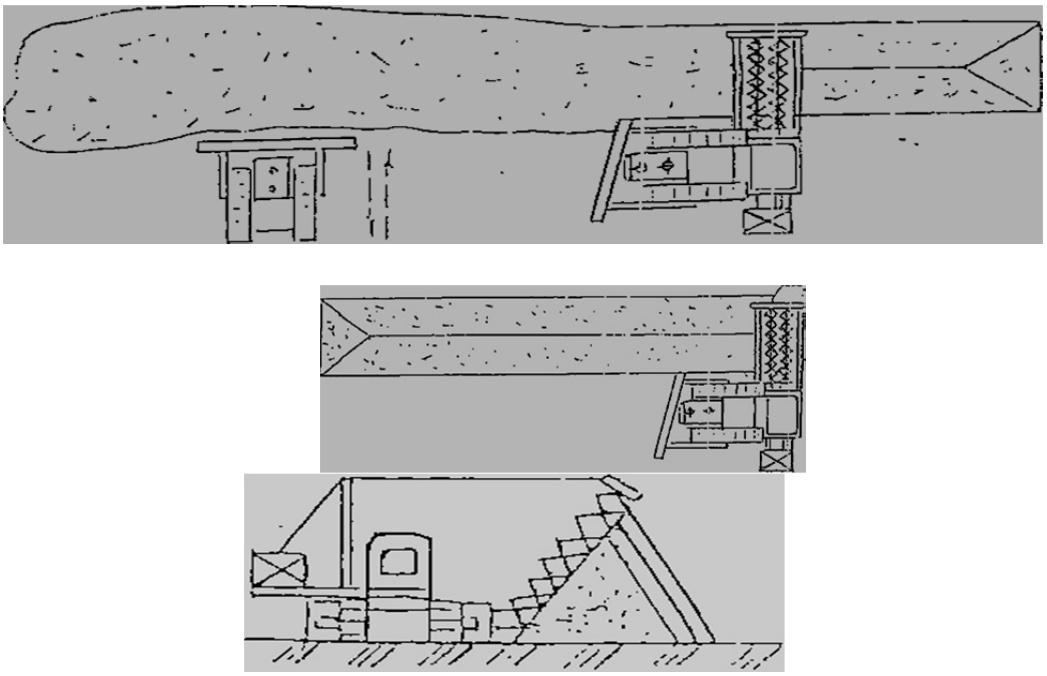


Рисунок 5.2 – Формування буртів і змішування компонентів компосту змішувачем-аератором СА-100

Змішувач-аератор, рухаючись вздовж бурта робочим органом, нахиленим під кутом, знімає його шар разом з нанесеним шаром біологічно активного компоненту, перемішує їх та транспортує на протилежну грань. Ці операції почергово виконуються до тих пір, доки бурт не переміститься на відстань, що дорівнює його основі.

В процесі біоконверсії компостна суміш насичується киснем повітря шляхом періодичного (кожні 4-5 днів) перекидання змішувачем-аератором холодних шарів (0,6-0,8 м) компостної суміші на протилежну грань бурта при 8-10 проходах агрегату ДТ-75+СА-100 (рис. 5.3).

Такий спосіб дає можливість провести рівномірну температурну обробку компостної суміші і скоротити термін приготування органо-мінерального добрива (ОМД) до 1,5-2 місяців. В цілому ж робочий

період виробництва може тривати до 230 днів, при температурному режимі вище 0°С.

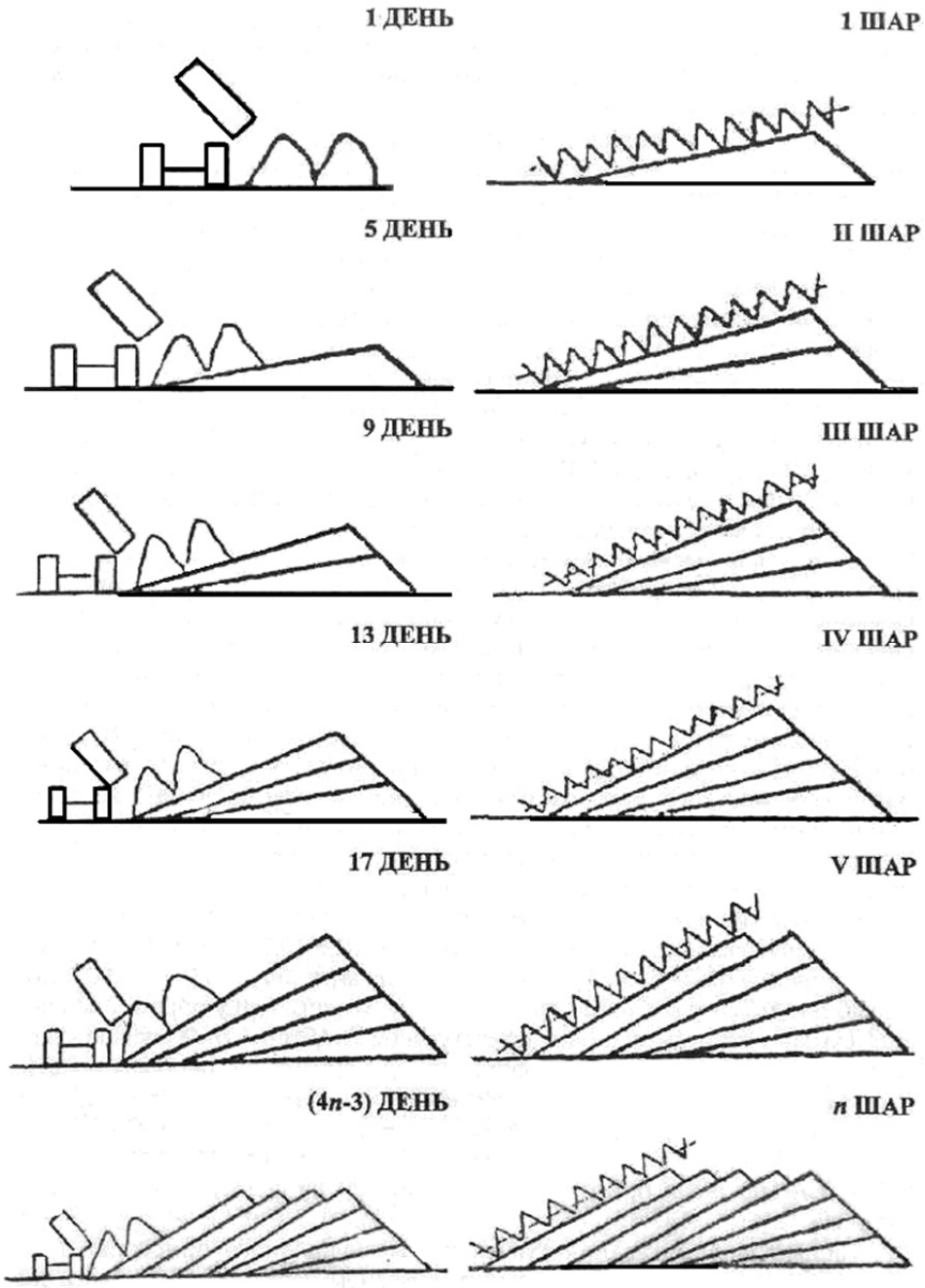


Рисунок 5.3 – Технологія формування буртів

Орієнтовні обсяги та параметри буртів компонентів і готового компосту, їх площі складування наведено в табл. 5.7.

Готовий компост вивозиться через 2…3 місяці, а на звільнених частинах майданчика починають укладання буртів наступного циклу.

Для цієї технології приготування компостів підібрано і використано мобільні машини для дозування і змішування компонентів (табл. 5.8).

Таблиця 5.7 – Обсяги і параметри буртів компонентів суміші відходів і готового компосту для роботи змішувача-аератора

Компоненти суміші для компостування	Об'єм складування, $м^3$	Середня висота бурта, м	Об'ємна маса, $т/м^3$	Маса, т
Солома	4500	2,5	0,5	2200-2400
Фосфогіпс	1000	4,0	1,1	1000
Гній	4000	2,5	0,8-0,9	3300-3500
Компост	8500	3,5	0,75	6300-6500

Таблиця 5.8 – Технологічний комплекс машин для виконання механізованих операцій з переробки гною на високогуміфіковані компости

Технологічні операції	Склад агрегату	Продуктивність агрегату, т/година
1. Формування буртів соломи + фосфогіпсу	ДТ-75 + СА-100	300
2. Завантаження у розкидач сухого гною + фосфогіпсу	ДТ-75 + ПФП-1.2	24
3. Транспортування та самовивантаження на грань бурта сухого гною + фосфогіпсу	МТЗ-82 + ПРТ-7	24
4. Самозавантаження і транспортування напіврідкого гною з нанесенням на грань бурта	МТЗ-82 + МЖТ-6	24
5. Приготування компостної суміші органо-мінеральних добрив	ДТ-75 + СА-100	150
6. Аерація компостної суміші органо-мінеральних добрив	ДТ-75 + СА-100	300

Робочий період виробництва біокомпосту при температурному режимі вище 0°С в період з листопада 2007 р. по липень 2008 р. тривав 180 днів.

Встановлено, що на початку активної фази біокомпостування у середині бурта температура досягала 55-65°С, а після закінчення процесу термодеструкції сировини температура зменшилася і набула сталих значень. У процесі компостування вологість компостної суміші

дещо знижувалась. На стадії інтенсивного розвитку термофільних мікроорганізмів pH суміші дещо зростає (з 8,5 у гної до 9,0 у компості великого бурту 04.02.2008 р. (табл. 5.9), що зумовлюється синтезом складних органічних кислот внаслідок аерації компостованої маси та її гідролітичного розкладання. В подальшому з підвищенням температури і розкладом вказаних продуктів термофільною мікрофлорою pH понижується до 7,6-7,7, що майже на 1 менше, ніж у гної. Решта показників, що характеризують зміни складу компостної суміші в процесі дослідного виробництва, наведено у табл. 5.9 і 5.10 та на рис. 5.4.

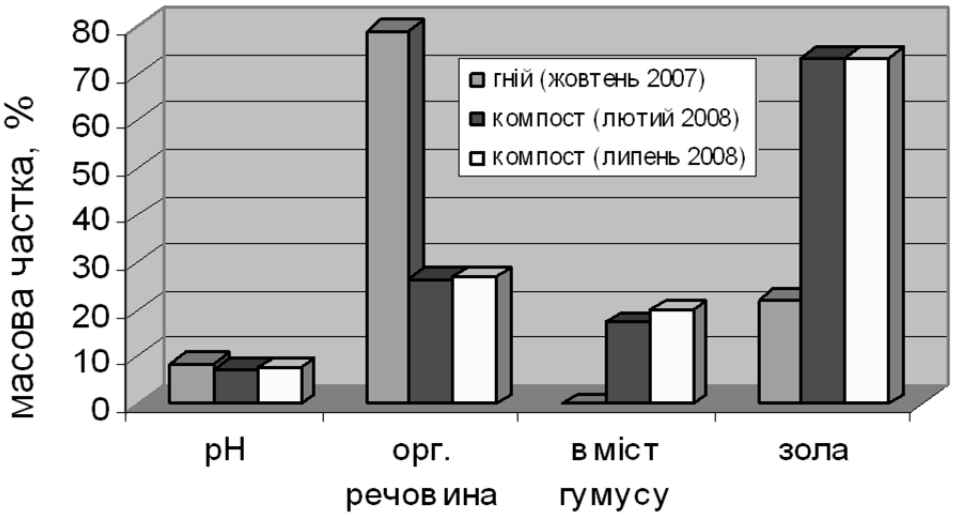


Рисунок 5.4 – Динаміка змін речовинного складу компостної суміші

Отже, процес аеробного компостування суміші гною та соломи описується такими закономірностями:

- в процесі компостування вміст органічної речовини (типу вуглеводів) зменшується з 79% у гної до 27% у компості;
- вміст гуміфікованої речовини зростає із слідових кількостей у гної до 19,9% у компості;
- вміст зольних елементів (залишку після прокалювання) зростає із 22% у гної до 73% у компості.

Все це є свідченням біодеструкції органічної речовини і перетворення її на гуматні компоненти, які є джерелом живлення рослин. Крім того біокомпост збагачений на поживні для рослин Ca, Mg, мікроелементи Cu, Zn, Mn, макроелементи N, P. Під час біотермічної переробки відбувається інактивація шкідливої мікрофлори, яєць гельмінтів та насіння бур'янів.

За даними виконаних досліджень розроблено технічні умови на «Субстрат універсальний» ТУ У 24.1-00493706-001:2008.

Таблиця 5.9 – Зміна речовинного та хімічного складу суміші в процесі біотермічного компостування (малий бурт, перший рядок - відбір проб 04.02.2008 р.; другий рядок – відбір проб 02.07.2008 р.)

Показники	Одиниці вимірювання	Номери проб					Проба грунту з поля
		1	2	3	4	Усереднені значення	
1. Азот загальний	% (мас)	1,8	1,2	1,5	–	1,5	0,04
		0,7	1,3	0,9	1,2	1,0	
	мг N/100 г	1765	1170	1468	–	1468	38,8
		705	1307	887	1186	1021	
2. Фосфор загальний (в перерахунку на P_2O_5)	% (мас)	0,5	0,2	0,8	–	0,5	0,5
		0,5	0,1	0,2	0,1	0,2	
	мг P_2O_5/100 г	489	173	798	–	487	487
		87	112	223	127	138	
3. pH (водна витяжка)	Одиниці pH	7,0	7,9	7,7	–	7,6	7,1
		7,3	7,8	7,9	7,7	7,7	
4. pH (сольова витяжка)	Одиниці pH	6,8	7,1	7,3	–	7,1	–
		–	–	–	–	–	
5. Вміст органічної речовини	% (мас)	30,9	22,5	26,3	–	26,6	4,7
		19,8	33,9	23,0	31,1	27,0	
6. Вміст органічного вуглецю (К=0,375)	% (мас)	11,6	8,4	9,9	–	10,0	1,8
		7,4	12,7	8,4	11,7	10,1	
	мг/100 г	11580	8440	9870	–	9960	1750
		7430	12720	8390	11650	10050	
7. Масове співвідношення	$N_{орг}$: $C_{орг}$	**1 : 6,6**	**1 : 7,2**	**1 : 6,7**	–	**1 : 6,8**	**1 : 43,8**

Показники	Одиниці вимірювання	Номери проб					Проба грунту з поля
		1	2	3	4	Усереднені значення	
		1 : 10,3	**1 : 9,7**	**1 : 9,4**	**1 : 9,8**	**1:9,8**	
8. Вміст гумусу	% (мас)	19,9	14,6	17,0	–	17,2	3,2
		15,7	24,2	13,9	25,8	19,9	
9. Вміст гумінових кислот	% органічного вуглецю (мас)	0,05	0,03	0,04	–	0,04	–
		–	–	–	–	–	
10. Вміст фульвокислот	% органічного вуглецю (мас)	0,09	0,09	0,08	–	0,09	–
		–	–	–	–	–	
11. Мінеральний залишок (525ºС)	% (мас)	69,1	77,5	73,7	–	73,4	95,3
		80,2	66,1	86,1	74,2	73,1	
Водна витяжка із продукту							
1. Азот амонійний NH_4^+	мг N/100 г	28,5	141,3	61,0	–	77,0	9,8
		18,6	18,6	25,2	19,5	20,5	
2. Азот нітратний NO_3^-	мг N/100 г	114,6	41,9	74,0	–	76,8	24,6
		130,2	5,9	24,6	68,5	57,3	
3. Фосфор (в перерахунку на P_2O_5)	мг P_2O_5/100 г	7,1	13,8	14,5	–	11,8	–
		–	–	–	–	–	
4. Марганець	мг/100 г	0,5	0,5	0,5	–	0,5	–
		–	–	–	–	–	
5. Кальцій	% (мас)	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,005
6. Магній	% (мас)	0,02	0,02	< 0,01	< 0,01	0,01	0,006

Таблиця 5.10 – Зміна речовинного та хімічного складу суміші в процесі біотермічного компостування (великий бурт, відбір проб 04.02.2008 р.)

Показники	Одиниці вимірювання	Номери проб			Усереднені значення
		1	2	3	
1. Азот загальний	% (мас) мг N/100 г	1,5 1493	1,2 1151	1,6 1644	1,4 1429
2. Фосфор загальний (в перерахунку на P_2O_5)	% (мас) мг P_2O_5/100 г	0,1 109	0,4 351	0,8 821	0,4 427
3. pH (водна витяжка)	Одиниці pH	9,2	9,1	8,8	9,0
4. pH (сольова витяжка)	Одиниці pH	8,1	8,1	8,1	8,1
5. Вміст органічної речовини	% (мас)	26,9	20,6	41,1	29,5
6. Вміст органічного вуглецю (К=0,375)	% (мас) мг/100 г	10,1 10095	7,7 7706	15,4 15416	11,1 11077
7. Масове співвідношення $N_{орг}$: $C_{орг}$		**1 : 6,8**	**1 : 6,7**	**1 : 9,4**	**1 : 7,6**
8. Вміст гумусу	% (мас)	17,4	13,3	26,6	19,1
9. Вміст гумінових кислот	% органічного вуглецю (мас)	0,06	0,07	0,08	0,07
10. Вміст фульвокислот	% органічного вуглецю (мас)	0,02	0,09	0,03	0,05
11. Мінеральний залишок (525ºС)	% (мас)	73,1	79,5	58,9	70,5
Водна витяжка із продукту					
1. Азот амонійний NH_4^+	мг N/100 г	24,6	22,3	45,9	30,9
2. Азот нітратний NO_3^-	мг N/100 г	2,5	3,7	5,4	3,9
3. Фосфор (в перерахунку на P_2O_5)	мг P_2O_5/100 г	0,04	1,1	2,4	1,2
4. Марганець	мг/100 г	0,8	0,7	0,8	0,8

На першу експериментальну партію готового біокомпосту масою 1,5 тис. т розроблено сертифікат якості продукту (табл. 5.11) щодо відповідності його складу вимогам ТУ У 24.1-00493706-001:2008 «Субстрат універсальний». За даними, наведеними у табл. 5.10, очевидно, що одержаний компост відповідає вимогам ТУ У 24.1-00493706-001:2008. Відхилення спостерігаються лише у перевищенні масової частки сухого залишку, дещо меншій кількості амонійного, нітратного азоту та фосфору, що зумовлено складом компонентів для виробництва біокомпосту.

Готовий компост вивозиться через 2-3 місяці, а на звільнених частинах майданчика починають укладання буртів наступного циклу. Для цієї технології приготування компостів підібрано і використано мобільні машини для дозування і змішування компонентів.

Таблиця 5.11 - Відповідність складу біокомпосту вимогам ТУ 24.1-0049306.001:2008 «Субстрат універсальний»

Субстрат універсальний	За вимогами ТУ	Фактично	Методи контролю	Відповідність вимогам ТУ
1. Зовнішній вигляд, колір	Субстрат сірого або бурувато-сірого кольору	Субстрат бурувато-сірого кольору	РСТ УССР 1484	Відповідає
2. Масова частка сухого залишку, % не менше	50,0	73,1	ГОСТ 26713	
3. Кислотність: показник активності водневих йонів (pH) водної витяжки, не менше	6...8	7,7	ГОСТ 27979	Відповідає
4. Масова частка поживних елементів, %: на суху речовину, не менше	1,0	1,02	ГОСТ 26715	Відповідає
- азоту загального (в розрахунку на N)	0,3	0,20	ГОСТ 27894.3	
- азоту амонійного (в розрахунку на N)	0,2	0,07	ГОСТ 27894.4	
- азоту нітратного (в розрахунку на N)	0,5	0,12	ГОСТ 26717	
- фосфору загального, (в розрахунку на P_2O_5)	0,3	0,32	ГОСТ 26718	
- калію загального, (в розрахунку на K_2O)				
5. Масова концентрація				

Субстрат універсальний	За вимогами ТУ	Фактично	Методи контролю	Відповідність вимогам ТУ
мікроелементів, мг/кг сухої речовини, не більше міді цинку марганцю	 30 100 20	 12 56 8	 ГОСТ 26931 ГОСТ 26934 ГОСТ 26486	 Відповідає Відповідає Відповідає
6. Кальцій валовий % на суху речовину, не менше	2,0	2,3	ГОСТ 26428	Відповідає
7. Магній валовий % на суху речовину, не менше	0,5	0,55	ГОСТ 26428	Відповідає
8. Масова частка органічної речовини в перерахунку на суху речовину, % не менше	30	31,1	ГОСТ 27980	Відповідає
9. Санітарно-мікробіологічні показники			Методические указания	Відповідає
9.1. Загальна кількість сапрофітів (мікробне число), шт/г, не більше	$4,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$		
9.2. Колі-титр, г, не менше	0,1	0,2		
9.3. Титр анаеробів, г, не менше	0,01	0,015		
9.4. Патогенні простіші, шт./кг	Відсутність	Відсутні		
9.5. Яйця гельмінтів життєздатні, шт./кг	Відсутність	Відсутні	Методические указания	Відповідає
10. Радіоактивні речовини (за сумарною β- і γ-активністю), Ku/кг	природний рівень для ґрунтів регіону	на рівні природного фону	Инструкция	Відповідає
11. Масова концентрація домішок токсичних елементів, мг/кг, не більше свинцю кадмію 12.Сумарний вміст - водорозчинних форм поживних елементів (NPK), кг/т субстрату - валовий вміст, кг/т субстрату (в перерахунку	 5 0,5	 7 0,12 14,6 40,0	 ГОСТ 26932 ГОСТ 26933	 Відповідає

Субстрат універсальний	За вимогами ТУ	Фактично	Методи контролю	Відповідність вимогам ТУ
на суху речовину)				
13. Вміст легкоокислюваної органічної речовини по Тюріну, кг/т субстрату		198,8		
14. Зниження схожості насіння бур'янів, %, не менше	95	95		Відповідає

5.4 Прискорений варіант переробки органічних відходів при використанні термофільної закваски

Недоліком технологій, описаних вище, є їхня значна тривалість, що лімітується активністю «дикої» мікрофлори, що є рушійною силою процесу біоконверсії. Розроблено численні модифікації прискорених аеробних процесів компостування за рахунок використання високоактивних штамів мікроорганізмів та створення оптимальних умов біодеструкції (примусова аерація). За рахунок вказаних чинників процес компостування вдається скоротити до тижнів або навіть лічених днів.

Так, у роботі [17] запропоновано наступний варіант прискореної переробки органічних відходів різної природи.

Технологічна схема виробництва компосту полягає у циклічному процесі, де тривалість повного циклу складає 7 діб. Завдяки наявності паралельних ниток, кількість яких визначається кількістю ємностей для переробки відходів (сім) забезпечується неперервність вироблення готового продукту.

Сировиною для компостування у цій технології є гній тваринницьких комплексів, солома та торф. Прискорений процес компостування забезпечується шляхом додавання біопрепарату термофільної мікрофлори. У змішувачі-подрібнювачі суміш органічних відходів та торфу перемішується з біопрепаратом, гомогенізується, аерується, прогрівається теплим повітрям, яке подається зовні. Далі суміш транспортується розподільним транспортером у відповідності до певного чергування циклів (рис. 5.5) перевантажується у певну ємність для компостування. При заповненні

ємності приблизно на третину, поки суміш під дією власної ваги не ущільнилася, починається нагнітання теплого повітря (рис. 5.6) через повітропровід, яке продовжується і після повного завантаження - до розігрівання маси до 60-70ºС.

Після досягнення цієї температури для запобігання перегрівання маси нагнітання повітря припиняється і починається власне процес компостування та переробки завантаженої маси термофільною мікрофлорою, який супроводжується виділенням тепла, за рахунок чого підтримується задана температура.

У випадку уповільнення процесу переробки, про що може свідчити зниження температури, нагнітання теплого повітря поновлюється. Через вентилювання суміші вона збагачується киснем та розгрівається, що потрібно для творення сприятливих умов для активної діяльності термофільної мікрофлори, що прискорює процес біокомпостування.

Біопрепарат, що в використовується для прискорення компостування, є побічним продуктом самого технологічного процесу, який представляє собою гноївку, що містить велику кількість термофільних бактерій, яка збирається через жолоби внизу ємностей для компостування, фільтрується і надходить самопливом до ємності для біопрепарату.

Таким чином, в даному процесі представлено технологічне оформлення прискореного процесу біокомпостування, що забезпечує безперервне одержання компосту за рахунок примусового розігрівання суміші гною, торфу та соломи і додавання біопрепарату - концентрату власних термофільних бактерій, що як надлишкова кількість активного мулу, збирається і повертається на стадію приготування суміші для компостування. Головною перевагою даного варіанту є неперервність процесу компостування та виходу готового компосту, незалежність його від умов навколишнього середовища (процес може здійснюватися цілорічно). Але є типові суттєві недоліки – необхідність значних капітальних вкладень, складність технологічного обладнання. Судячи з усього, ця технологічна схема вимагає достатньо високого ступеня однорідності складу вихідної сировини і тонкого регулювання температурного режиму.

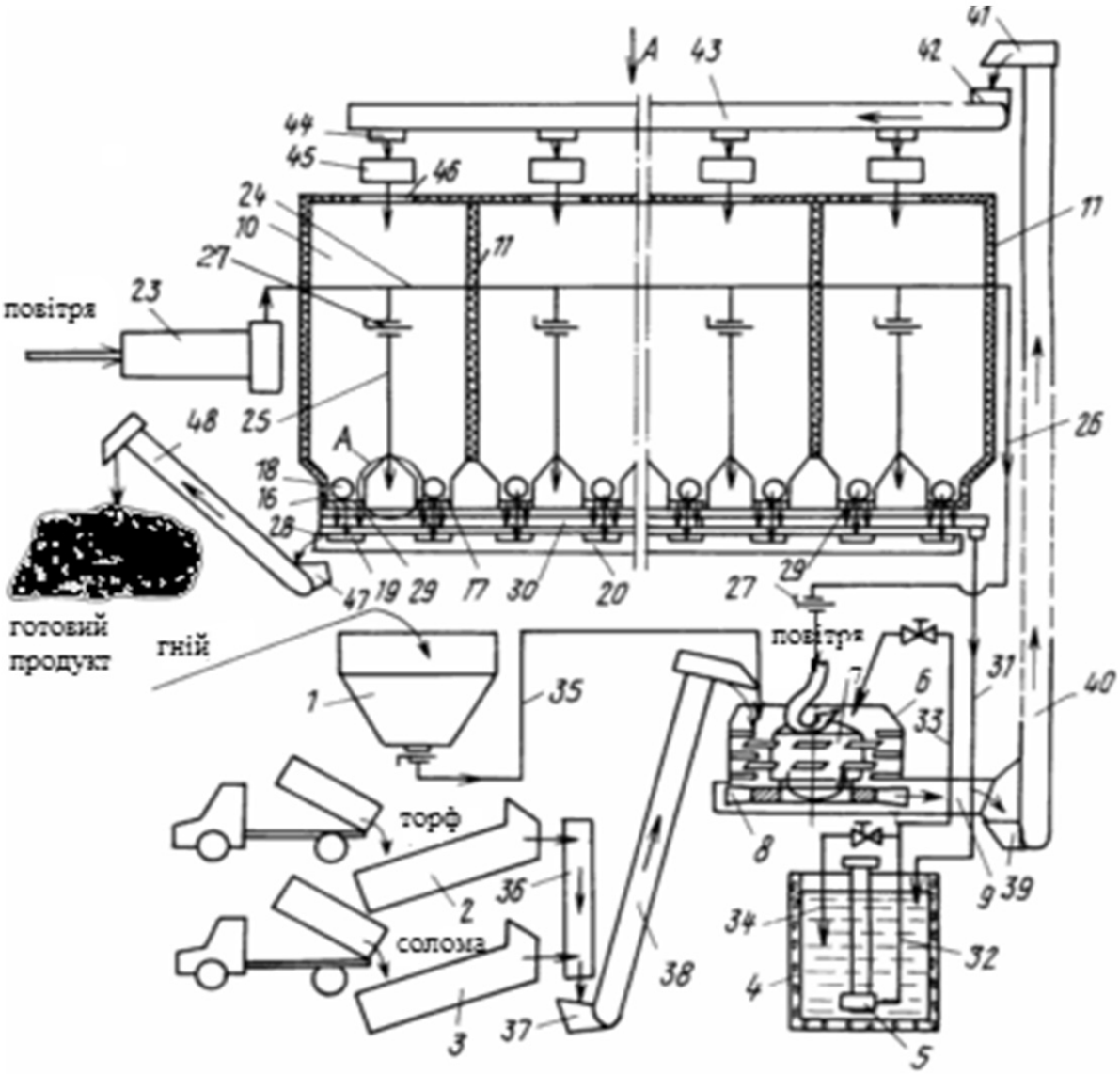


Рисунок 5.5 – Загальний вигляд лінії біотермічної переробки органічних відходів

1 - бункер-дозатор для гною; 2, 3 – дозатори з пристроями для рихлення для торфу і соломи відповідно; 4 – ємкість для біопрепарату з насосом 5; 6 – змішувач-подрібнювач (включає робочий орган роторного типу 7 з кидалкою 8 та вивантажувальною горловиною 9); 10 – суміжно розташовані ємкості для компостування відходів з теплоізолюючими стінками 11, що мають розташований знизу повітряний канал 12 з перекриттям, виконаним із встановлених під ухилом двохсторонніх жалюзі 13, що включають пластини 14 та щілини 15 між ними, 16, 17 – жолоби, в яких розташовано вигружні шнекові транспортери 18, спряжені за допомогою вікон 19 зі шнековим транспортером 20 для вивантаження готового продукту; скатні кінці 21 нижні пластин

жалюзі 14 розташовані над найближчими до них краями 22 жолобів 16 та 17; пристрій для нагрівання та аерування відходів, які компостують, у ємностях 10, та які змішуються у змішувачі-подрібнювачі 6, містить повітронагрівач 23, розподільний повітропровід 24 з відводами 25 до повітряних каналів 12 та 26, до змішувача-подрібнювача 6 та шиберні задвижки 27; днища жолобів 16 та 17 мають фільтри 29, під якими розташований лоток 30 для збору гноївки з термофільною біофлорою, зв'язаний трубопроводом 31 з ємністю для біопрепарату 4; нагнітальний трубопровід 32 від насосу 5 має два відводи: 33 - до змішувача-подрібнювача 4; 34 - повертальний відвід у ємність біопрепарату 4. Бункер-дозатор 1 зв'язаний зі змішувачем-подрібнювачем 4 за допомогою самопливного трубопроводу 35. Живлячі дозатори 2 та 3 зв'язані зі змішувачем-подрібнювачем 4 через збираючий транспортер 36, східний кінець спряжений з приймальною частиною 37 скребкового транспортеру 38. Вивантажувальна горловина 9 змішувача-подрібнювача спряжена з приймальною частиною 39 скребкового транспортеру 40, вивантажувальний кінець якого 41 спряжений з приймальною частиною 42 розподільчого скребкового транспортеру 43, зв'язаного за допомогою вивантажувальних отворів 44 зі скребковим транспортером 45, спряженим через вікна 46 з ємністю для компостування 10; під вивантажувальною горловиною 28 шнекового транспортера 20 розташована приймальна частина 47 транспортера 48, де вивантажується готовий продукт.

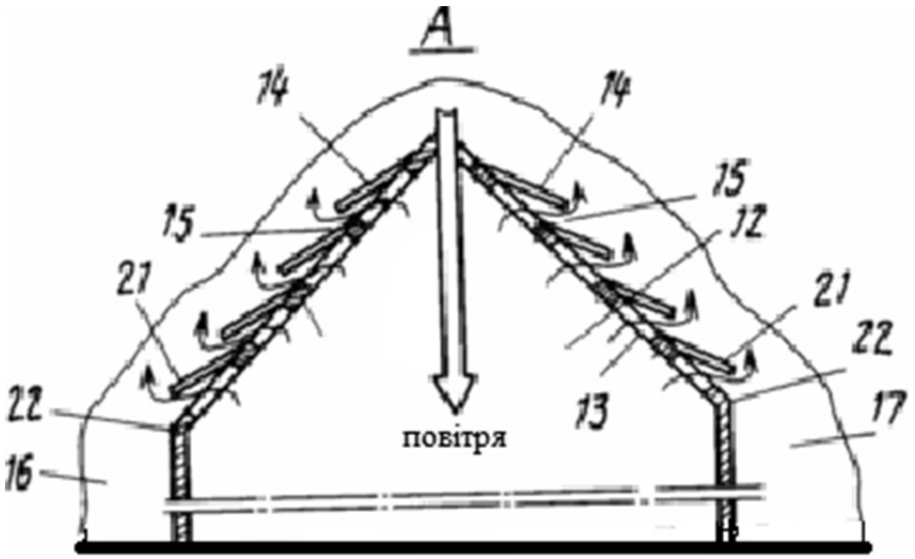


Рисунок 5.6 – переріз А (позначення – як на рис. 5.5)

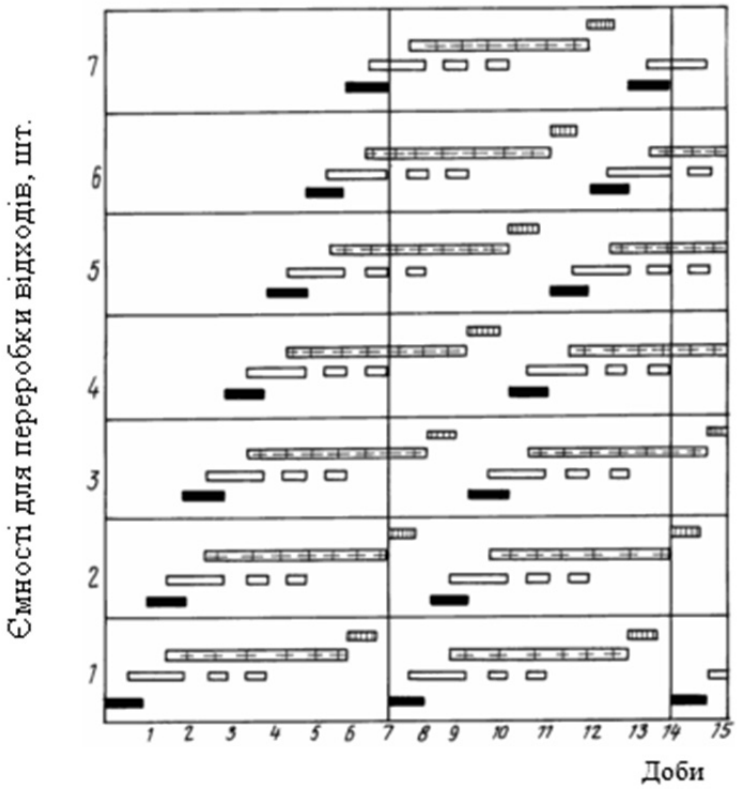


Рисунок 5.7 – Циклограма технологічного процесу переробки органічних відходів

Список використаних джерел

1. ДСТУ 7526:2014 Послід пташиний. Технологія переробляння на органічні та органомінеральні добрива високотемпературним методом. Загальні вимоги; ДСТУ 7527:2014 Послід птиці. Технології біологічного переробляння. Загальні вимоги. Наказ Мінекономрозвитку № 1257 від 23.10.2014. Чинність від 01.02.2015

2. ВНТП-АПК-04.05 Підприємства птахівництва. Затв. наказом Міністерства аграрної політики України № 473 від 15.09.2005

3. ВНТП-АПК-09.06 Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною.Затв. наказом Міністерства аграрної політики України №29 від 01.02.06

4. Ветеринарно-санітарні правила для птахівницьких господарств і вимоги до їх проектування. Затв. наказом Головного державного інспектора ветеринарної медицини від 03.07.01 № 53

5. МУ № 2156-80 Методические указания по осуществлению государственного санитарного надзора за системами сбора, удаления, хранения, обеззараживания и использования навоза и навозных стоков животноводческих комплексов и ферм промышленного типа (Методичні вказівки щодо здійснення державного санітарного нагляду за системами збирання, видалення, зберігання, знезаражування і використання гною і гнойових стоків тваринницьких комплексів і ферм промислового типу)

6. Пат. 2122330 Российская Федерация, МПК6 А 23 К 1/12. Способ использования закваски в кормосмеси, закваска Леснова для приготовления кор-

мов / Леснов П.А.; заявитель и патентообладатель Леснов Петр Александрович. – № 97101965/13; заявл. 10.02.97; опубл. 27.11.98, Бюл. № 5. – 5 с.
7. Пат. 2347808 Российская Федерация, МПК7 С 12 N 1/20, А 01 N 63/00. Биопрепарат из эффективных микроорганизмов для деградации органических отходов / Афанасьев Е.Н., Тюменцева И.С., Афанасьев Н.Е.; заявитель и патентообладатель ООО Научно-производственное объединение «Экобиотех+». – № 2007129820/13; заявл. 06.08.07; опубл. 27.02.09, Бюл. № 17. – 13 с.
8. Биоактиватор для компоста «Roetech», производитель ROEBIC Laboratories, Inc.США. представитель ООО «БиоТехнологии 21 века».http://www.biotech21.ru/products/bacterial_composter/
9. Препарат «Байкал» производитель «Эм-Кооперация». http://emcooperation.ru/pererabotka_othodov_rastenievodstva
10.. Биопрепарат Bionex Compost, производитель Bio-Green Planet США, дилер ООО «Зеленая планета». http://bionex.pro/data/products/bionex-compost.html
11. МУ № 2156-80 Методические указания по осуществлению государственного санитарного надзора за системами сбора, удаления, хранения, обеззараживания и использования навоза и навозных стоков животноводческих комплексов и ферм промышленного типа (Методичні вказівки щодо здійснення державного санітарного нагляду за системами збирання, видалення, зберігання, знезаражування і використання гною і гнойових стоків тваринницьких комплексів і ферм промислового типу)
12. МР 1847-78 Методические рекомендации по осуществлению государственного санитарного надзора за сооружениями по очистке и обезвреживанию навоза и сточных вод ветеринарных учреждений (Методичні рекомендації щодо здійснення державного санітарного нагляду за спорудженнями з очистки і знезаражування гною і стічних вод ветеринарних установ). Затв. Головним санітарним лікарем СРСР від 17 травня 1978 р. № 1847-78).
13. РД 52.18.266-91 Методика выполнения измерений массовой доли водорастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом (Настановчий документ. Методика виконання вимірювань масової частки водорозчинних форм металів (міді, свинцю, цинку, нікелю, кадмію, кобальту, хрому, марганцю) у пробах ґрунту атомно-абсорбційним аналізом). Затв. Державним комітетом СРСР з гідрометеорології, 1991).
14. Збірник важливих офіційних матеріалів з санітарних і протиепідемічних питань /За ред. О.О.Бобильової. – К.: МОЗ України, 1999, Т. V, Ч.3. – 285 с.
15. Чегринец Г.Я. Научное обоснование гигиенической регламентации применения в сельскохозяйственном производстве органоминеральных удобрений на основе осадка сточных вод // Автореф. дис. ... докт. мед. наук. – К., 1993.
16. Ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами (дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 2229-91) ГН 2.1.7.020-94
17. Патент Российской Федерации RU2034429 Линия биотермической переработки органических отходов в компост

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЖИВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ПРИ БІОЛОГІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Аграрний сектор наразі є мало не останньою опорою економіки України, на який покладають значні сподівання як на локомотив європейської інтеграції. Крім того, родючі землі являються привабливим ресурсом для інвесторів, у тому числі іноземних. Найбільш економічно вигідним є два напрямки сільськогосподарського виробництва – вирощування енергетичних культур та екологічно чистої сільськогосподарської продукції. Існує кілька обмежувальних чинників, що лімітують можливості біологічного землеробства:

- Рівень забруднення ґрунтів токсикантами (рештками пестицидів, важкими металами, радіонуклідами тощо);
- Практично повна відмова від використання мінеральних добрив;
- Кількість та якість водних ресурсів, без яких неможливе сільськогосподарське виробництво (зрошування, напування тварин та птиці, приготування розчинів для позакореневого живлення, вирощування аквакультур тощо).

Нормативні документи, наприклад [1, 2], що стосуються організації так званих спеціальних сировинних зон на окремих територіях для отримання високоякісної і безпечної сільськогосподарської продукції, відповідно до міжнародних нормативних документів, директив, регламентів та постанов ЄС, з урахуванням вимог системи аналізу ризиків і контролю критичних точок (Hazard Analysis and Critical Control Points – HACCP), не згадують, що реалізація технологій біологічного землеробства неможлива без забезпечення якісними органічними добривами та водними ресурсами, навіть при дотриманні вимог до екологічної чистоти ґрунтів. Так, у нормативному акті про порядок надання статусу спеціальної зони з виробництва сировини, що використовується для виготовлення продуктів дитячого та дієтичного харчування, затвердженого Постановою КМ № 1195 від 3 жовтня 2007 р., згадано про вимоги до якості ґрунтів, кормів для тварин, достатню віддаленість від потенційно небезпечних виробництв, але про якість добрив та водозабезпечення немає ні слова. А як можна сертифікувати земельні ділянки для вирощування екологічно чистої продукції без врахування того, якими добривами будуть користуватися при її вирощуванні?

За даними [3], в Україні залишилося чотири невеликих регіони, де ґрунти ще не забруднені до небезпечних меж і де можливе вирощування екологічно чистої продукції на рівні світових стандартів. Одним із них є Північно-Полтавський, до складу якого входить більша частина Полтавської області, південно-східні райони Чернігівської області та східні райони Київської та Черкаської областей (лівобережна частина).

У табл. 6.1 наведено довідкову таблицю до Регламенту Комісії (ЕС) № 889/2008 від 5 вересня 2008 р., який встановлює докладні правила реалізації Регламенту Ради (ЄС) № 834/2007 про органічне виробництво, маркування органічних продуктів та контролю [7]. Тут наведено перелік видів добрив та меліорантів (кондиціонерів ґрунту), що, відповідно до статті 3 (1), повинні забезпечувати потребу в живленні рослин. При цьому вказано, що їх кількості повинні не перевищувати необхідні потреби. Операторам, що займаються виробництвом органічної продукції, вказується на необхідність мати документальне підтвердження про необхідність використання удобрювальних речовин.

Таким чином, біоконверсія органічних відходів сільськогосподарського виробництва окремих фермерських господарств є основним джерелом елементів живлення рослинницької продукції при виробництві екологічно чистої продукції.

Список використаних джерел

1. Постанова Кабінету міністрів України Положення про спеціальні сировинні зони для виробництва сільськогосподарської продукції від 26.06.1996 р. № 679. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/679-96-%D0%BF
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку надання статусу спеціальної зони з виробництва сировини, що використовується для виготовлення продуктів дитячого та дієтичного харчування» від 03.10.2007 р. № 1195. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
3. Наказ Міністерства аграрної політики України «Про надання статусу спеціальних сировинних зон» від 18.10.2007 р. № 746. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: .
4. Довідник міжнародних стандартів для органічного агровиробництва / Навчально-координаційний центр сільськогосподарських дорадчих служб; за ред. Капштика М.В. та Котирло О.О. – К.: СПД Горобець Г.С., 2007. – 356 с.
5. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / Під. ред. М.К.Шикули. – К.: Оранта, 1998. – 680 с.

6. Шлапак В.О. Про вирощування екологічно чистої овочевої продукції в Україні // Матеріали науково-практичного семінару «Сучасні тенденції виробництва та маркетингу органічної продукції. Львів, 31 березня 2004 р. – С. 30-33.
7. Кисіль В.І. Біологічне землеробство в Україні: проблеми і перспективи / В.І. Кисіль. – Харків: Вид-во «Штрих», 2000. – 161 с.
8. Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32008R0889.

Таблиця 6.1 – Добрива та меліоранти, дозволені при вирощуванні органічної продукції

Дозвільний документ	Найменування	Опис, вимоги до складу, умов використання
А	Композиційні продукти чи продукти, що містять тільки ті матеріали, що перелічено нижче: Гній з ферм	Субстанція, що являє собою суміш екскрементів тварин та рослинної маси (підстилковий гній) Заборонено гній з птахофабрик
А	Висушений гній фермерського походження та зневоднений пташиний послід	Заборонено послід та гній з птахофабрик
А	Компости з тваринних екскрементів, включаючи пташиний послід та компости з гною фермерського походження	Заборонено послід та гній з птахофабрик
А	Рідкі тваринні екскременти	Використовувати після контрольованої ферментації та/чи відповідного розбавлення Заборонено послід з птахоферм
А	Компостовані чи ферментовані побутові відходи	- Продукт, одержаний із джерел окремого збору побутових відходів, який було призначено для компостування чи анаеробної ферментації для виробництва біогазу; - Тільки побутові відходи рослинного чи тваринного походження; - Дозволено тільки тоді, якщо збір побутових відходів

		проводиться у закритій та контрольованій системі збору відходів, прийнятій офіційно країною-членом ЄС. - Максимальні концентрації, мг/кг сухої речовини: кадмій Cd - 0,7; мідь Cu - 70; нікель Ni - 25; свинець Pb - 45; цинк Zn - 200; ртуть Hg - 0,4; хром (загальний) Cr - 70; хром Cr (VI) – 0.
А	Торф	Використання обмежується садівництвом (плодівництво, квітництво, декоративне лісівництво, розплідники лісових та декоративних культур)
А	Відходи грибництва	Початковий склад субстрату повинен обмежуватися продуктами, описаними у цьому Додатку
А	Екскременти черв'яків (біогумус) і комах	
А	Гуано	
А	Компостована чи ферментована суміш рослинних решток	Продукт, одержаний із сумішей рослинних решток, які були піддані компостуванню чи анаеробній ферментації для одержання біогазу
А	Продукти або побічні продукти тваринного походження, із наступного переліку: - кров’яне борошно - подрібнена маса із копит - подрібнена рогова маса - кісткове борошно чи кісткове	Максимально допустима концентрація, мг/кг сухої речовини: хром Cr (VI) – 0.

	борошно після видалення клейстеру (желатину) - рибне борошно - м'ясне борошно - відходи, що містять перо, щетину, - шерсть - відходи хутряні - відходи, що містять волосяний покрив - молочні продукти	
А	Продукти та побічні продукти рослинного походження для добрив	Приклади: залишки насіння після одержання олії (макуха), лушпиння какао, рештки стебла після одержання солоду
А	Водорості та продукти їх переробки	Як правило, одержані напряму шляхом: - фізичних процесів, включаючи зневоднення, заморожування чи подрібнення; - після екстракції водою чи водними розчинами кислот та/чи лужних розчинів; - ферментації.
А	Тирса і деревна стружка	Деревина, яка хімічно не оброблялася після зрубування
А	Компост із кори	Деревина, яка хімічно не оброблялася після зрубування
А	Деревний попіл (зола)	Із деревини, що хімічно не оброблялася після зрубування
А	Фосфоритне борошно (дрібного помолу)	Продукт повинен відповідати вимогам пункту 7 додатку

		ІА.2. Регламенту ЄС № 2003/2003 Європейського парламенту і Ради стосовно добрив , 7 Вміст кадмію менше або дорівнює 90 мг/кг за P_2O_5
А	Алюміній-кальцій фосфат	Продукт повинен відповідати вимогам пункту 7 додатку ІА.2. Регламенту ЄС № 2003/2003 Європейського парламенту і Ради стосовно добрив , Вміст кадмію менше або дорівнює 90 мг/кг за P_2O_5 Використання обмежено для лужних ґрунтів (pH > 7,5)
А	Основний шлак (томас-шлак)	Продукт повинен відповідати вимогам пункту 1 додатку ІА.2. Регламенту ЄС № 2003/2003 Європейського парламенту
А	Природна сіль калію чи каїніт	Продукт повинен відповідати вимогам пункту 7 додатку ІА.3. Регламенту ЄС № 2003/2003
А	Натрій сульфат, може містити солі магнію	Продукт, одержаний із природної сирої солі калію за допомогою фізичної екстракції, може містити тільки солі магнію як домішки
А	Барда та екстракт барди	За виключенням амонійної барди
А	Кальцій карбонат (крейда, мергель, вапняк, мергель)	Тільки природного походження
А	Карбонат магнію та кальцію	Тільки природного походження
А	Сульфат магнію (кисерит)	Тільки природного походження
А	Розчин хлориду кальцію	Позакоренева обробка яблунь, після діагностики дефіциту кальцію

A	Сульфат кальцію (гіпс)	Продукт повинен відповідати вимогам пункту 1 of Додатку ID. Регламенту 2003/2003 Тільки природного походження
A	Технічне вапно після виробництва цукру	Побічний продукт виробництва цукру із цукрового буряка
A	Технічне вапно після одержання солі вакуумним методом	Побічний продукт виробництва солі вакуумним методом із розсолів, добутих у горах
A	Елементарна сірка	Продукти відповідно до Додатку ID.3 Регламенту 2003/2003
A	Слідові елементи	Неорганічні мікроелементи відповідно до списку в частині Е Додатку I Регламенту 2003/2003
A	Хлорид натрію	Тільки добута із надр шахтним методом сіль
A	Камені та глини	

Примітки:

A : Дозволено відповідно до Регламенту (ЕЕС) № 2092/91 та проводиться відповідно до Статті 16(3)(c) Регламенту (ЕС) № 834/2007;

B : Дозволено відповідно до Регламенту (ЕС) № 834/2007.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Виконавши огляд найновіших даних наукової та технічної літератури з питань переробки органічних відходів різної етиології, ми прийшли до наступних висновків:

- З точки зору екосистеми планеті Земля швидкість накопичення відходів значно перевищує темпи їхньої природної біоконверсії, тому пошук екологічно безпечних способів їхньої прискореної деструкції є однією з нагальних завдань людської цивілізації;
- Органічні відходи є цінною сировиною, бо вони містять акумульовану у хімічних зв'язках енергію фотосинтезу, використати яку з вигодою для себе людина просто зобов'язана з метою підвищення к.к.д. господарчої діяльності, використавши при цьому потенціал біотранформаційних процесів, які використовує сама біосфера для утилізації відмерлої речовини;
- Пошук методів біоконверсії найбільш раціонально проводити в напрямку, який базується на природних процесах їхньої біотрансформації з використанням можливостей біогеоценозів, прискоривши їх за допомогою біотехнологічних методів;
- Основною перепоною на шляху масового впровадження надзвичайно широкого спектру методів та технологій біоконверсії є необхідність значних первинних капіталовкладень та тривалий термін самоокупності. Саме чей чинник обмежує інтерес інвесторів у даній області бізнесу. Отже, без розроблення програм державної підтримки таких підприємств з біоконверсії їхня робота практично нереальна;
- Самоокупним може стати в основному тільки крупнотонажне виробництво, що переробляє відходи у промислових масштабах. Але для вироблення екологічно чистої продукції у біологічному землеробстві, наприклад, заборонено використовувати добрива, одержані з відходів промислових фабрик та ферм. Тому є необхідність розробки мобільних комплексів, орієнтованих на переробку дрібних партій відходів окремих фермерських господарств;
- Спірним є питання того, який саме напрямок – умовно енергетичний чи удобрювальний – є більш перспективним для реалізації технологій біоконверсії. На наш погляд, з огляду на постійно зростаючий дефіцит елементів живлення у ґрунтах і пов'язаний з ним дефіцит продовольства, більш потрібним з огляду на потреби цивілізації в цілому є виробництво органо-мінеральних композицій для поновлення втрат гумусу та ремедіації виснажених ґрунтів.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1 Терміни та визначення

Загальні поняття

1. Органічне добриво – добриво, що містить органічні речовини рослинного або тваринного походження.

Примітка – у якості органічного добрива можуть бути використані геологічні утвори рослинного походження (торф, торфотуки тощо), донні відклади континентальних водоймищ (сапропель), відходи промисловості та комунального господарства (тирса, макуха, костра, міздря, жом, барда, осади стічних вод тощо).

2. **Вид органічного добрива** – характеризує його за способом утворення або одержання.

3. **Форма органічного добрива** – його характеристика, що відображає агрегатний стан.

4. **Компост –** органічне добриво, одержане в результаті розкладу органічних відходів рослинного або тваринного походження.

5. **Біокомпост –** компост, одержаний в результаті переробки органічних відходів прискореним методом у спеціальних камерах-ферментаторах.

6. **Змішаний компост** – компост на основі багатокомпонентних матеріалів органічного та мінерального походження або органічного походження.

Органічні добрива на основі відходів тваринництва

7. **Гній** – суміш твердих та рідких екскрементів сільськогосподарських тварин.

8. **Перегній** – однорідна землиста маса, утворена при розкладенні органічних відходів рослинного і тваринного походження.

9. **Послід** – екскременти птахів, кролів з підстилкою або без неї.

10. **Пташиний послід** – екскременти птахів з підстилкою або без неї.

11. **Змішаний гній (послід) –** суміш твердих і рідких екскрементів різних видів сільськогосподарських тварин (птиці) є підстилкою чи без неї.

12. **Свіжий гній (послід)** – гній (послід) без ознак мікробіологічного розкладання.

13. **Слабко розкладений гній (послід)** – гній (послід), в якому в результаті мікробіологічних процесів кормові залишки або підстилка та кормові рештки мають незначно змінені забарвлення та міцність.

14. **Напівперепрілий гній (послід)** – гній (послід), в якому в результаті мікробіологічних процесів підстилка та кормові рештки набувають темно-коричневого забарвлення, втрачають міцність та легко розриваються.
15. **Перепрілий гній (послід)** – гній (послід), в якому візуально не можна виявити нерозкладені рослині рештки.
16. **Підстилковий гній (послід)** – гній (послід) з підстилкою та кормовими залишками.
17. **Тирсовий гній (послід)** – підстилковий гній (послід), одержаний при використанні тирси у якості підстилки для тварин.
18. **Соломистий гній (послід)** – підстилковий гній (послід), одержаний при використанні соломи у якості підстилки для тварин.
19. **Торф'яний гній (послід)** – підстилковий гній (послід), одержаний при використанні торфу в якості підстилки.
20. **Безпідстилковий гній (послід)** – гній (послід) без підстилки з додаванням води або без неї.
21. **Рідкий безпідстилковий гній (послід)** – безпідстилковий гній (послід), який містить від 3% до 8% сухої речовини.
22. **Напіврідкий безпідстилковий гній (послід)** – безпідстилковий гній (послід), який містить від 8% до 14% сухої речовини.
23. **Гнійні (послідкові) стоки -** безпідстилковий гній (послід), що містить менше 3% сухої речовини.
24. **Сухий гній (послід) -** гній (послід), що містить більше 80% сухої речовини.
25. **Гноївка –** рідина, яка виділяється із підстилкового гною або компосту.
26. **Рідка фракція безпідстилкового гною (посліду) –** текуча маса, одержана при розділенні безпідстилкового гною (посліду) на фракції.
27. **Тверда фракція безпідстилкового гною (посліду) –** нетекуча маса, одержана при розділенні безпідстилкового гною (посліду) на фракції.
28. **Гнійно-земляний компост** – компост на основі гною та землі.
29. **Тирсо-гнійний компост** – компост на основі гною та тирси.
30. **Соломо-гнійний компост** – компост на основі гною та соломи.
31. **Тофо- гноївковий компост** – компост на основі торфу та гноївки.
32. **Торфогнійний компост** – компост на основі торфу та гною.
33. **Торфоперегнійний компост** – компост на основі торфу та перегною.
34. **Коро-послідний компост** – компост на основі кори та посліду.

35. **Лігніно-послідний компост** – компост на основі лігніну та посліду.
36. **Тирсо-послідний компост** – компост на основі тирси та посліду.
37. **Послідно-земляний компост** – компост на основі землі та посліду.
38. **Соломо-послідний компост** – компост на основі соломи та посліду.
39. **Торфо-послідний компост** – компост на основі торфу та посліду.
40. **Торфо-муловий компост** – компост на основі торфу та активного мулу.
41. **Торфофекальний компост** – компост на основі торфу та фекалій.
42. **Гуано** – послід морських птахів, що розклався.

Органічні добрива на основі відходів рослинництва

43. **Рослинний компост** – компост на основі рослин та їх решток.
44. **Торфосидератний компост** – компост на основі торфу та зеленої маси рослин.
45. **Сидерати** (***зелене добриво - термін не рекомендується до використання)*** – рослини, які частково або повністю використовуються як органічне добриво.
46. **Самостійні сидерати** – сидерати, які займають поле у якості основної культури, незалежно від способу та терміну їх посіву.
47. **Багаторічні сидерати** – сидерати, що займають поле протягом двох і більше вегетаційних періодів.

Нетрадиційні органічні добрива

48. **Нетрадиційне органічне добриво** – органічне добриво, одержане з використанням нетрадиційних методів виробництва.
49. **Вермикомпост** – органічне добриво, одержане в результаті переробки органічних відходів дощовими черв'яками.
40. **Зоокомпост** – органічне добриво, одержане в результаті переробки органічних відходів личинками копрофагів.
51. **Еффлюент** – органічне добриво, одержане в результаті анаеробної переробки органічних відходів в ферментаторах-метатенках.

Виробництво органічних добрив

52**. Біоконверсія органічних відходів** – перетворення органічних відходів за допомогою живих організмів у речовини, придатні для використання у сільському господарстві.

53. **Карантинування гною (посліду)** – превентивне зберігання гною (посліду) на ділянках, в карантинних ємностях, гноєприймачах (послідоприймача) або у накопичувачах секційного типу з метою визначення епізоотичної обстановки, попередження розповсюдження заразних хвороб, їх локалізації, ліквідації.

54. **Знезаражування органічних відходів** – звільнення органічних відходів, які переробляються у органічне добриво, від збудників інфекційних та інвазійних хвороб.

Примітка – знезаражування органічних відходів вважають ефективним за відсутності в 10 г (1 см^3) проби кишкових паличок, стафілококів, ентерококів або анаеробних споро-утворюючих мікроорганізмів залежно від виду збудників інфекційних хвороб в трикратному повторенні.

55. **Біологічне очищування безпідстилкового гною (посліду)** – очищування стічних вод, рідкої фракції безпідстилкового гною посліду), протягом якого відбувається мінералізація органічних речовин мікроорганізмами.

56. **Аеротенк** – споруда, призначена для біологічного очищування рідкої фракції безпідстилкового гною або посліду від органічних забруднювачів.

57. **Озонування безпідстилкового гною (посліду)** – насичування рідкої фракції безпідстилкового гною (посліду) озоном.

58. **Окситенк** – споруда для біологічного очищування рідкої фракції безпідстилкового гною або посліду із застосуванням аерації киснем або повітрям, збагаченим киснем.

59. **Утримування тварин на глибокій підстилці** – спосіб утримування сільськогосподарських тварин, при якому шар гною у стійлах формується протягом всього періоду утримування тварин, видалення гною здійснюється 1-2 рази на рік.

60. **Компостування** – біотермічний процес мінералізації та гуміфікації органічних відходів, який відбувається в аеробних умовах під дією мікроорганізмів.

61. **Локальний спосіб компостування гною (посліду)** – компостування, при якому гній укладають ділянками на подушки із водопоглинальних матеріалів та формують бурт.

62. **Діляночний спосіб компостування гною (посліду)** – компостування, при якому гній вивантажують на подушку із вологопоглинальних матеріалів, розрівнюють його, перемішують, утворену суміш згрібають у бурти.

63. **Пошаровий спосіб компостування гною (посліду)** – компостування, при якому навіз (послід) вкладають штабелями шириною 4-5 м, чергуючи шарами з водопоглинаючими матеріалами.
64. **Вермикомпостування** – компостування з використанням дощових черв'яків.
65**. Зоокомпостування** – компостування з використанням личинок копрофагів.
66. **Біотермічна ділянка** – споруда, призначена для біотермічного знезаражування підстилкового гною або посліду, матеріалів, що компостуються, твердої фракції гною чи посліду.
67. **Перебивання гною посліду, компосту)** – переміщення шарів гною (посліду, компосту) під час його компостування.
68. **Седиментація безпідстилкового гною (посліду)** – осаджування зважених частинок безпідстилкового гною (посліду).
69. **Фракціонування гною (посліду)** – розділення гною (посліду) на фракції.
70. **Відстійник безпідстилкового гною (посліду)** – спеціальна споруда для розділення безпідстилкового гною (посліду) методом гравітації на осад та рідку фракцію.
71. **Прес-фільтр безпідстилкового гною (посліду)** – пристрій для фільтрації безпідстилкового гною (посліду) через сито під дією високого тиску.
72**. Рециркуляція безпідстилкового гною (посліду)** – багатократне повне або часткове повернення рідкої фракції безпідстилкового гною (посліду) у процеси видалення гною.
73. **Метангенерація гною (посліду)** – анаеробна переробка гною (посліду) з утворенням біогазу та еффлюенту.
74. **Психрофільний режим метангенерації гною (посліду)** – метангенерація гною (посліду) при 8…20°С.
75. **Мезофільний режим метангенерації гною (посліду)** – метангенерація гною (посліду) при 30…40°С.
76. **Термофільний режим метангенерації гною (посліду)** – метангенерація гною (посліду) при 50…55°С.
77. **Барботування гною (посліду)** – перемішування гною (посліду) газом.
78. **Виморожування органічного добрива** – зниження вологості органічного добрива у процесі його низькотемпературної обробки.
79. **Гомогенізація органічного добрива** – перемішування органічного добрива для підтримування його однорідного стану.
80. **Гранулювання органічного добрива** – процес виробництва органічного добрива у формі гранул.

81. **Подрібнення органічного добрива** – роздроблювання органічного добрива до частинок певного розміру.
82. **Сушка органічного добрива** – зниження вологості органічного добрива у процесі його високотемпературної обробки.
83**. Партія органічного добрива** – кількість органічного добрива, вироблена протягом одного неперервного технологічного циклу в одному технологічному режимі, з однорідних за якістю вихідних матеріалів.

Якість органічних добрив

84. **Якість органічного добрива** – комплексна оцінка показників агрономічної безпечності, економічної ефективності використання органічного добрива.
85. **Аналіз якості органічного добрива** – сукупність операцій, які виконуються з метою визначення складу, фізико-механічних, фізико-хімічних, агрохімічних, токсикологічних, ветеринарно-санітарних та гігієнічних характеристик органічного добрива.
86. **Точкова проба органічного добрива** – кількість органічного добрива, взяте одночасно з одного місця.
87**. Об'єднана проба органічного добрива** – кількість органічного добрива, складена з усіх точкових проб, взятих від однієї партії.
88. **Середня проба органічного добрива –** кількість органічного добрива, відібрана із об'єднаної проби після ретельного перемішування.

Фізико-технологічні, агрономічні характеристики органічних добрив

89**. Гранулометричний склад органічного добрива –** характеристика органічного добрива за вмістом різних за розміром частинок.
90. **Вологість органічного добрива** – вміст вологи в органічному добриві, виражений у відсотках.
91**. Кислотність органічного добрива –** десятковий логарифм молярної концентрації йонів оксонію або гідрогену в органічному добриві.
92. **Ємність катіонного обміну компосту –** максимальна кількість катіонів, яка може бути утримувана компостом у обмінному стані за заданих умов.
93. **В'язкість органічного добрива –** властивість органічного добрива здійснювати опір переміщенню однієї його частини відносно іншої.

94. **Щільність органічного добрива** – маса одиничного об'єму органічного добрива.
95. **Клейкість органічного добрива** – здатність органічного добрива міцно утримуватися на твердій поверхні у вигляді товстого шару.
96. **Питома теплоємність органічного добрива** – кількість тепла, яке отримує чи віддає 1 кг, органічного добрива при зміні його температури на 1°С.
97. **Коефіцієнт теплопровідності органічного добрива** – кількість тепла, що проходить через шар органічного добрива товщиною 1 м та площею 1 $м^2$ за 1 год. за різниці температур 1°С на двох протилежних поверхнях.
98. **Коефіцієнт температуропровідності органічного добрива –** швидкість зміни температури органічного добрива в нестаціонарних теплових процесах.
99. **Температура замерзання органічного добрива –** температура, за якої починається кристалізація органічного добрива.
100. **Питома маса органічного добрива –** відношення маси органічного добрива до маси такого ж об'єму води при 4°С.
101**. Міцність гранул органічного добрива –** здатність гранул органічного добрива зберігати розміри та форму під дією зовнішніх сил.
102. **Динамічна міцність гранул органічного добрива –** ступінь руйнування гранул органічного добрива при ударі по твердій поверхні з певною силою.
103. **Статична міцність гранул органічного добрива –** ступінь руйнування гранул органічного добрива однакового розміру при їх стисканні вздовж однієї осі між двома паралельними поверхнями.
104. **Стійкість гранул органічного добрива до стирання –** міцність гранул органічного добрива, що визначається ступенем його руйнування під дією сил тертя.
105. **Розсипчастість органічного добрива –** стан органічного добрива, який характеризується ступенем його агломерації, виражене через кількість грудочок у відсотках від загального об'єму.
106. **Сипучість органічного добрива –** властивість органічного добрива осипатися під дією гравітаційних сил.
107. **Хімічний склад органічного добрива –** характеристика органічного добрива за вмістом поживних елементів, органічної речовини, вологи, домішок.

Ветеринарно-санітарні, гігієнічні характеристики органічних добрив

108. **Вміст токсичних речовин в органічному добриві –** кількість токсичних речовин, що містяться в органічному добриві.

Примітка – токсичні речовини – радіонукліди, рухомі, валові форми важких металів, миш'яку, поліциклічних вуглеводів, стійких хлорорганічних забруднюючих речовин.

109. **Інвазійний потенціал органічного добрива –** наявність життєздатних яєць, личинок гельмінтів, цист патогенних кишкових найпростіших, личинок та лялечок синантропних мух у органічному добриві.

110. **Інфекційний потенціал органічного добрива –** наявність патогенних, умовно патогенних, хвороботворних мікроорганізмів в органічному добриві.

111. **Засміченість органічного добрива –** наявність життєздатного насіння бур'янів в органічному добриві.

112. **Знезаражене органічне добриво –** органічне добриво, що не містить збудників інфекційних та інвазійних хвороб.

113. **Якість знезараження органічних відходів від збудників інфекційних захворювань –** оцінка органічних відходів, які переробляють в органічне добриво, за наявністю збудників інфекційних хвороб.

114. **Якість знезараження органічних відходів від збудників паразитарних хвороб –** оцінка органічних відходів, які переробляють в органічне добриво, за наявністю збудників паразитарних хвороб.

Зберігання органічних добрив

115. **Гноєсховище (послідосховище)** – споруда для збору, зберігання, знезараження гною (посліду), видаленого із тваринницького приміщення.

116. **Лагуна для зберігання безпідстилкового гною (посліду) –** заглиблене у землю гноєсховище (послідосховище) з гідроізоляцією із полімерних матеріалів.

117. **Прифермерське навозосховище** – гноєсховище, розташоване на території ферми.

118. **Польове гноєсховище** – гноєсховище, розташоване поряд з сільськогосподарськими угіддями.

119. **Відкрите гноєсховище –** гноєсховище, призначене для зберігання гною під відкритим небом.

120. **Крите гноєсховище –** гноєсховище, що виключає потрапляння атмосферних опадів у грій протягом його зберігання.

121. **Кірка безпідстилкового гною (посліду)** – плаваючий шар, що утворюється при зберіганні безпідстилкового гною (посліду).
123. **Осад безпідстилкового гною (посліду)** – осад на дні гноєсховища (послідосховища), який утворюється при зберіганні безпідстилкового гною (посліду).
124. **Освітлена рідка фракція безпідстилкового гною (посліду) –** шар безпідстилкового гною (посліду), який утворюється між його кіркою та осадом при його зберіганні безпідстилкового гною (посліду) в гноєсховищі (послідосховищі).
125. **Щільний спосіб зберігання гною (посліду, компосту) –** зберігання підстилкового гною (посліду, компосту) в ущільнених штабелях в анаеробних умовах.
126. **Пухко-щільний спосіб зберігання гною (посліду, компосту) –** зберігання підстилкового гною (посліду, компосту) в нещільно укладеному штабелі з наступним ущільненням його після розігрівання.
127. **Пухкий спосіб зберігання гною (посліду, компосту) –** зберігання підстилкового гною (посліду, компосту) в пухких, неущільнених штабелях в аеробних умовах.
128. **Ділянка зберігання гною (посліду, компосту)** – споруда, призначена для зберігання гною (посліду, компосту) у твердому вигляді.
Примітка – Тверді види органічного добрива – органічні добрива, що містять більше 16% сухої речовини.
129. **Закрите гноєсховище (послідосховище) анаеробного типу –** споруда, що забезпечує збір, зберігання, знезараження гною (посліду) без доступу повітря.
130. **Зберігання гною під тваринами** – накопичення гною за умов безприв'язного утримання тварин у приміщеннях або на вигульних площадках.
131. **Збірник гноївки –** споруда для збору, зберігання та знезараження гноївки.
132. **Накопичувач зливостоків** – споруда, що забезпечує збір та зберігання дощових та талих вод з території тваринної ферми.
133. **Гноєнакопичувач –** споруда, розташована на території тваринницької ферми, призначена для збору, механічної переробки гною, що надходить із гноєзбірників.
134. **Гноєзбірник** – споруда, розташована на території тваринницької ферми, призначена для збору та механічної переробки гною.

Застосування органічних добрив

135. **Пряма дія органічного добрива –** вплив органічного добрива на властивості ґрунту, врожайність та якість продукції сільськогосподарської культури, під яку воно було внесено.

136. **Післядія органічного добрива –** вплив органічного добрива на властивості ґрунту, врожайність та якість продукції сільськогосподарської культури протягом другого та наступних років після його внесення.

137. **Кореневе підживлення рослин органічним добривом** – внесення органічного добрива у ґрунт в період вегетації рослин.

138. **Міжрядкове підживлення рослин органічним добривом** – внесення органічного добрива стрічками або локально у міжряддя просапних культур у період вегетації рослин.

139. **Позакореневе підживлення рослин органічним добривом** – внесення органічного добрива на поверхню надземних органів рослин у період їх вегетації.

140. **Глибина заробляння органічного добрива –** відстань від місця розташування органічного добрива до поверхні ґрунту.

141. **Доза внесення органічного добрива –** кількість органічного добрива, внесеного за один прийом.

142. **Диференційне внесення органічного добрива –** внесення органічного добрива з врахуванням неоднорідності родючості гнуту всередині одного поля.

143. **Контактне внесення органічного добрива –** внесення органічного добрива у суміші з насінням.

144. **Основне внесення органічного добрива** – внесення органічного добрива під основну обробку ґрунту для забезпечення рослин поживними елементами протягом всього періоду вегетації.

145. **Передпосівне внесення органічного добрива** – внесення органічного добрива при посіві або садінні.

146. **Дробне внесення органічного добрив** – внесення органічного добрива кілька разів протягом одного періоду вегетації росли.

147. **Поверхневе внесення органічного добрива –** внесення органічного добрива на поверхню ґрунту.

148. **Періодичне внесення органічного добрива –** внесення кількох доз органічного добрива із заданою періодичністю.

149. **Пошарове внесення органічного добрива –** внесення органічного добрива із зарубкою у різні шари ґрунту.

150. **Рядкове внесення органічного добрива –** внесення органічного добрива у ґрунт рядком, вздовж або поперек рядків рослин.

151. **Суцільне розкидне внесення органічного добрива –** внесення органічного добрива розкидачами, що забезпечує його суцільний рівномірний розподіл по поверхні ґрунту.
152. **Технологія внесення органічного добрива** – комплекс послідовних операцій з внесення органічного добрива.
153. **Двофазна технологія внесення органічного добрива** – комплекс технологічних операцій, який передбачає транспортування органічного добрива від місць його накопичення до місця внесення, розкладення його по полю невеликими купками, з наступним розподілом їх по полю.
154. **Прямоточна технологія внесення органічного добрива** – комплекс технологічних операцій, який передбачає транспортування органічного добрива от від місць його накопичення до місця внесення, розподіл його по полю машинами єдиним неперервним потоком.
155. **Перевалочна технологія внесення органічного добрива –** комплекс технологічних операцій, який передбачає транспортування, вивантаження та складування органічного добрива у польові бурти, гноєсховище, послідосховище з наступним його внесенням у задані агротехнічні строки.
156. **Перевантажувальна технологія внесення органічного добрива –** комплекс технологічних операцій, який передбачає транспортування органічного добрива від місць його накопичення до місця внесення з наступним його перевантаженням у машини для внесення органічних добрив та розподіл їх по полю.
157. **Ефективність застосування органічного добрива –** показник, що характеризує ступінь позитивного впливу органічного добрива на родючість ґрунту, врожайність сільськогосподарської культури та якість продукції.

ДОДАТОК 2 Технологічні та нормативні засади використання стічних вод тваринництва та птахівництва для зрошування сільськогосподарських земель

Сільськогосподарські поля зрошування (СПЗ) являють собою спеціалізовані меліоративні системи, призначені для використання підготованих стічних вод для зрошування та удобрення земель та для здійснення їхньої природного біологічного доочищення.

Можливість облаштування СПЗ визначається на основі аналізу стану земель для сільськогосподарського використання, дотримання еколого-гігієнічних вимог після погодження з територіальними органами державної санітарно-епідеміологічної служби, органами державної ветеринарної служби, охорони навколишнього середовища, відповідальними за регулювання використання та охорони вод та органами гідрогеологічної служби.

1.1 Вимоги до вибору території СПЗ

СПЗ облаштовуються з урахуванням особливостей рельєфу місцевості та властивосте ґрунтів, гідрогеологічних умов та необхідності дотримання розмірів санітарно-захисних зон.

При проектуванні СПЗ враховують:

- перспективу розвитку населених пунктів, промислових об’єктів та можливість збільшення об’єму стічних вод з тим, щоб забезпечити раціональне використання цього об’єму без скиду за межі зрошуваної території;
- ступінь природної захищеності підземних вод від забруднення, які вже використовуються або проектуються до використання для водопостачання;

Облаштування СПЗ не допускається на території I та II поясів зони санітарної охорони водозаборів централізованого господарчо-питного водопостачання та джерел мінеральних лікувальних вод. В місцях виходу до поверхні землі водоносних тріщинуватих порід розвитку карстових порожнин також не дозволяється облаштовувати СПЗ, як і в межах території санітарної охорони курортів, зон рекреації, водоохоронних зон. Також з метою захисту водоносних горизонтів межах розвіданих родовищ прісних підземних вод, питного призначення, які не захищені від потрапляння забруднюючих речовин з поверхні землі зони СПЗ облаштовувати не дозволяється.

Будівництво СПЗ можна здійснювати при глибині залягання ґрунтових вод від поверхні землі не менше 1,25 м на супіщаних та піщаних ґрунтах і не менше 1,0 м на суглинистих та глинистих ґрунтах за мов дотримання вищевказаних вимог до захисту підземних вод.

При більш високому рівні ґрунтових вод, у тому числі на торф'яниках, потрібно облаштовувати дренаж. Дренажні води можуть бути використані для зрошування або направлені у водойми за умови дотримання діючих нормативних документів про захист поверхневих вод від забруднення.

У випадку використання для побутово-питних цілей ґрунтових вод (криниці, неглибокі свердловини) нижче по профілю руху підземних вод від СПЗ потрібно облаштовувати централізоване побутово-питне водопостачання. При цьому місце розташування водо джерела повинно бути обране з врахуванням можливості організації зони санітарної охорони та дотримання режиму у межах її поясів у відповідності з вимогами СанПиН 2640-82 Положение о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения (Положення про порядок проектування та експлуатації зон санітарної охорони джерел водопостачання та водогонів господарчо-питного призначення).

Якщо дані моніторингу органів санітарно-епідеміологічного контролю за останні 3-5 років свідчать проте, що в зоні, де планується розміщення СПЗ, спостерігається високий ступінь розповсюдження гельмінтозів серед людей та тварин (аскаридозів, трихоцефалезу, анкілостомідозів, теннідозів), а також інфекційних захворювань бактеріального та вірусного походження, облаштування СПЗ може бути дозволено тільки після проведення відповідних профілактичних оздоровчих заходів серед населення та тварин.

Між населеними пунктами та територією СПЗ встановлюється санітарно-захисна зона, ширина якої визначається залежно від способу зрошування та повинне бути не меншою за 100 м за умов підґрунтового та внутрішньо-ґрунтового зрошування; 150 м – коли полив здійснюється поверхнево, Коли ж полив здійснюється дощувальним методом, має значення спосіб проведення: якщо полив проводиться коротко-струминними, вниз направленими апаратами – 200 м; середньо-струминними – 300 м; далекоструминними – 500 м.

З метою захисту населених пунктів по контуру полів зрощення передбачається облаштування захисних лісосмуг шириною не менше

15 м зі сторони поселення. Якщо ж відстань до населених пунктів перевищує 1000 м, то посадка лісосмуг необов'язкова.

Санітарно-захисна зона до магістральних автомобільних доріг та залізниць повинна складати не менше 100 м, включаючи смугу відчуження. На границях доріг передбачається облаштування лісосмуг шириною не менше 10 м.

Для контролю за станом підземних вод (режиму рівнів, хімічного складу, рівня бактеріального забруднення) в зоні впливу СПЗ потрібно передбачити облаштування контрольних свердловин. Необхідно встановити попереджувальні знаки для населення на межах території СПЗ.

1.2 Вимоги до якості стічних вод та їх осадів

На СПЗ можуть бути використати господарчо-побутові, виробничі та змішані стічні води міст, селищ, фермерських господарств, підприємств з переробки сільсько-господарчої продукції після відповідного їх підготування на спорудах механічного чи біологічного очищення.

Звичайно, склад та властивості таких стоків та їх осадів дуже мінливі як у часі, так і у просторі.

В РФ введено державний стандарт ГОСТ Р 52837-2007 Птица сельскохозяйственная для убоя. Технические условия (Птиця сільськогосподарська для забою. Технічні умови), де здійснено нормування складу та властивостей пташиного посліду. Основний фактор регулювання його складу - це методика передзабійної витримки птахів.

1.2.1 Нормування складу та властивостей пташиного посліду

Послід від всіх видів птиці різного віку приймаються партіями, під чим розуміють будь-яку кількість маси посліду, яка надходить з виробничої зони, де витримується за однотипною технологією один вид птиці, та супроводжується одним документом про якість встановленої форми. В документі вказують ряд стандартних даних – найменування підприємства-поставника; вид продукції із зазначенням стандарту; номер партії; маса партії нетто; дату проведення аналізу об'єднаної проби та його результати; дату відвантаження. Відбір проб та оформлення документа про якість здійснює підприємство-поставник продукції. Кожна партія посліду перевіряється на відповідність показникам стандарту, наведеним в табл. 1.

Таблиця 1 – Вимоги до пташиного посліду різних видів

№ з/п	Показники	Види посліду		
		ПП*	ПМ*	ПВ*
1.	Консистенція (фазовий склад), візуальний огляд	Сипкий	В'язко-сипкий	В'язкий
2.	Масова частка вологи, не вище, г/кг	400	550	750
3.	Масова частка органічної речовини, не менше, г/кг	450	530	180
4.	Масова частка золи, не нижче, г/кг	150	100	70
5.	pH сольове (KCl), одиниці pH	6,8 – 8,0		
6.	Азот загальний, не нижче, г/кг	25	15	20
7.	Фосфор загальний (в перерахунку на P_2O_5), г/кг	До 12	До 10	До 7
8.	Калій загальний (в перерахунку на K_2O), г/кг	До 5	До 4	До 3
9.	Співвідношення C:N**	18	14	7

* ПП – послід з підстилкою; ПМ – послід від молодняка; ПВ – послід від дорослої птиці;

** При розрахунку співвідношення C:N значення вмісту N рівне сумі загального та амонійного азоту (згідно з ГОСТ 27980-88 Удобрения органические. Методы определеня органического вещества).

Санітарно-бактеріологічні показники посліду повинні відповідати наступним вимогам: індекс бактерій групи кишкових паличок – не більше 3ж індекс ентерококів – 3; індекс патогенних мікроорганізмів – відсутність4 яйця та личинки гельмінтів (екз./кг) – відсутність; цисти кишкових патогенних найпростіших (екз./100 г) – відсутність. За умов виникнення епізоотії на птахівничих підприємствах послід повинен знезаражуватися. Вибір методу знезараження та організація робіт з ліквідації епізоотії здійснюється за вказівками ветеринарної служби з врахуванням виду збудника та об'єму знезараження.

1.2.2 Методи контролю посліду

Важливим елементом організації утилізації посліду є контроль його складу перед початком компостування. Фазовий склад визначають візуально. Відбір та обробку проб посліду для визначення хімічних показників проводять по ГОСТ 26712-85 Удобрения органические. Общие требования к методам анализа з наступними змінам об'єднану партію масою 5 кг ретельно перемішують та попереднім квартуванням зменшують до одержання середньої проби масою 1 кг – для проведення хімічного аналізу.

Санітарно-гігієнічний контроль здійснюють згідно до вимог МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест», МУ МЗ СССР №2293-81 від 19.02.81 «Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы», МУК 4.2.796-99 «Методические указания. Методы санитарно-паразитологических исследований».

1.2.3 Транспортування посліду

Транспортування посліду може здійснюватися будь-яким видом транспорту (закритими автомашинами, транспортними самоскидними причепами, критих вагонах, трюмах суден) врахуванням правил перевезень, що діють для кожного виду транспорту. При перевезені посліду повинні бути передбачені заходи, які забезпечують охорону навколишнього середовища від забруднення: місць навантаження і на всьому шляху транспортування, розвантаження та зберігання.

Послід ПП та ПМ може зберігатися на польових майданчиках без твердого покриття та без обладнання гноївкозбирачів по периметру. Допускається зберігання органічних сумішей (послід + послід з підстилкою; послід + деревна тирса; послід + торф; послід + солома тощо) на центральних польових майданчиках без твердого покриття, якщо середня вологість маси не перевищує 70%.

Зберігання посліду ПВ вологістю вище 70% здійснюється на підвищених ділянках в наземних сховищах з твердим покриттям, захищених від проникання підґрунтових, зливових та поверхневих стоків та обладнаних гноєзбірниками.

1.2.4 Вказівки із застосування

Послід ПМ та ПВ не дозволяється вивозити на польові ділянки для зберігання та використання у якості добрива. Послід ПМ та ПВ використовується у якості основного наповнювача для одержання сумішей при виробництві органічних добрив (компостів).

Послід всіх видів може бути використаний як інгредієнт при підготуванні поживних субстратів для вирощування розсади овочевих культур та городини в індивідуальному садівництві та городництві. Послід всіх видів може бути використаний для вирощування грибів як у спеціалізованих, так й індивідуальних господарствах.

Послід всіх видів за нормальних умов зберігання нетоксичний, пожежно- та вибухобезпечний. Послід при безпосередньому контакті не появляє шкідливого впливу на організм людини. Робота з ним не потребує особливих запобіжних заходів. Після роботи з послідом необхідно дотримуватися правил особистої гігієни.

Загальні вимоги безпеки повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.3002-75 Процессы производственные. Общие требования безопасности.

1.3 Обмеження використання стоків на СПЗ

З міркувань епідеміологічної безпеки не дозволяється на СПЗ використовувати стічні води окремо розташованих підприємств з обробки сировини тваринного походження, різниць, біофабрик з виробництва вакцин та сироваток, лікувально-профілактичних закладів, підприємств з виробництва пестицидів, стоків, що містять радіонукліди, та стоків гальванічних підприємств.

Можливість використання промислових та змішаних стічних вод на СРЗ вирішується у кожному конкретному випадку органами та закладами державних санітарно-епідеміологічних та ветеринарних служб, охорони навколишнього родовища на основі результатів спеціальних досліджень, проведених науково-дослідними закладами гігієнічного, агромеліоративного та ветеринарного профілів, спрямованих на з’ясування ступеню та характеру впливу стічних вод на ґрунт, культури, що вирощуються, тварин та тваринницьку продукцію.

Якість стічних вод та їх осадів, що використовується для зрошування, регламентується за хімічними, бактеріологічними та паразитологічними показниками.

Допустима концентрація важких металів у стічних водах встановлюється залежно від зрошувальної норми та визначається у кожному конкретному випадку розрахунковим способом у відповідності до діючих вимог до якості стічних вод та їх осадів, що використовуються для зрошування та удобрення.

1.3.1 Вимоги до використання осадів стічних вод

Використання осаду стічних вод на удобрення може бути дозволено після його знезараження одним із способів у відповідності до діючих санітарних норм облаштування полів зрошування. Залежно від технологій обробітку та зберігання осадів вони можуть зберігатися у рідкому вигляді, вологістю 2-96%, або у вигляді сипучої маси, вологістю 50-70%, а також у вигляді компостів. Для компостування використовують торф, солому, грій, деревні та інші органічні відходи.

На ділянках, призначених для удобрення осадом, до його внесення повинно бути проведено агрохімічне обстеження ґрунтів за наступними показниками: pH, вмістом рухомих форм фосфору, калію, важких металів – свинцю,кадмію, хрому, міді, нікелю, ртуті, цинку. Обстеження проводиться методами, загальноприйнятими в агрохімічній службі.

Заборонено внесення осадів у водоохоронних та заповідних зонах, поверхнево у лісах та лісопарках, а також на ґрунтах, забруднених важкими металами. На сіножатях та пасовищах внесення осадів дозволяється лише у процесі перезалуження (під оранку).

За удобрювальними властивостями осади стічних вод можуть розглядатися як органо-мінеральні або органічні добрива, аналогічні органо-мінеральним компостам, підстилковому або безпідстилковому (рідкому) гною.

В сухій масі осадів міститься:

- Органічної речовини – 40-60%;
- Азоту – 1-3%;
- Фосфору (у перерахунку на P_2O_5) – 1-4%;
- Калію (у перерахунку на K_2O) – 0,2-0,7%;
- Кальцію – 3-5%.

Осади містять також магній, сірку, інші макро- та мікроелементи, необхідні для живлення рослин. Осади, отримані після біологічного очищення стічних вод, звичайно мають реакцію середовища, близьку до нейтральної (pH 6,5-8,0).

Для визначення поживної цінності у кожній партії осадів, однорідній за своїм походженням, повинні бути визначені:

- pH (сольове);
- Вміст сухої речовини;
- Вміст органічної речовини;
- Зольність;
- Вміст загального та мінерального (нітратного $N\text{-}NO_3^-$ та амонійного $N\text{-}NH_4^+$) азоту;
- Вміст загального та рухомого фосфору (у перерахунку на P_2O_5);

- Вміст загального калію (у перерахунку на K_2O);
- Вміст загального кальцію (у перерахунку на CaO).

Нормативні вимоги до осадів стічних вод вказані в Додатку 13. Осади промислово-побутових стічних вод можуть мітити важкі метали, кількість яких залежить від складу та частки промислових стоків у загальній структурі, а також способу приготування осадів. Вміст важких металів в осадах коливається у широких межах, про щ свідчать дані Додатку 14.

Осади стічних вод підприємств, які переробляють сільськогосподарську продукцію, містять, як правило, менше важких металів, ніж осади міських очисних споруд.

З метою попередження небезпеки забруднення ґрунтів, продукції та довкілля важкими металами осади стічних вод, призначені для удобрення, повинні у обов'язковому порядку аналізуватися на вміст важких металів (свинцю, кадмію, хрому, міді, нікелю, ртуті, цинку).

Хімічний аналіз щодо вмісту поживних компонентів та важких металів в осадах проводить організація, що є відповідальною за їх продаж на добрива, а його результати передаються споживачеві у вигляді супроводжувального документу (сертифікату).

Норми внесення осадів встановлюються залежно від їх удобрювальної цінності та вмісту важких металів у ґрунтах та осадах. Заборонено внесення осадів, якщо вміст важких металів в них перевищує норми, наведені в табл. 2. У випадку перевищення нормованих значень допускається приготування компостів на основі осадів у суміші з іншими компонентами (торф, гній, рослинні рештки) для того, щоб знизити вміст важких металів до рівнів, наведених в табл. 2.

Фактором, який обмежує норму внесення осадів за вмістом поживних компонентів, являється вміст в них загального та мінерального азоту. Не допускається внесення загального азоту з осадами більше 300 кг на га, в тому числі мінерального азоту, що перевищує річний виніс врожаєм культури, під яку вноситься осад. Приклад розрахунку допустимої норми осадів за вмістом важких металів та азоту наведено нижче.

1.3.2 Приклад розрахунку теоретично допустимих норм внесення осаду стічних вод за вмістом важких металів

Розрахунок проводиться за формулою:

$$Д_{ВМ} = \frac{(0{,}8 \times ГДК - Ф) \times 3000}{В_{ВМ}},$$

де $Д_{ВМ}$ – теоретично допустима норма осаду, т/га сухої маси;

ГДК – гранично допустима концентрація вмісту важкого металу в ґрунті, мг/кг;

ОДК – за відсутності затверджених ГДК використовують орієнтовно допустимі концентрації (ОДК) важких металів в ґрунті, мг/кг (наведені в Додатку 9);

Ф - фактичний вміст важкого металу в ґрунті, мг/кг;

$В_{ВМ}$ – вміст важкого металу в осаді, мг/кг сухої маси;

3000 – маса орного шару ґрунту в перерахунку на суху речовину, т/га.

Приклад розрахунку:

Осад стічних вод АТ Щокіноазот: вміст кадмію у осаді – 0,9 мг/кг; ОДК кадмію у ґрунті - 1,0 мг/кг; фактичний вміст кадмію у ґрунті - 0,4 мг/кг;

$$Д_{Cd} = \frac{(0{,}8 \times ОДК - Ф) \times 3000}{В_{Cd}} = \frac{(0{,}8 \times 1{,}0 - 0{,}4) \times 3000}{0{,}9} = 1333 \text{ т/га.}$$

1.3.3 Приклад розрахунку теоретично допустимих норм внесення осаду стічних вод за вмістом мінерального та загального азоту

Розрахунок норм осаду за вмістом мінерального азоту в ньому проводиться відповідно до формули:

$$Д^{т}_{N_{min}} = \frac{В \times У}{С_{N_{min}}}, \text{ де}$$

$Д^{т}_{N_{min}}$ - теоретично допустима норма осаду, т/га сухої маси;

В – виніс азоту 1 т врожаю (наведено в Додатку 4);

У – урожай основної продукції, т/га;

$С_{N_{min}}$ – вміст мінерального азоту ($N\text{-}NO_3$+$N\text{-}NH_4$) в 1 т сухої маси осаду, кг.

Приклади розрахунку:

Приклад 1. Осад Кур'янівської станції аерації (м. Москва): врожайність зерна озимої пшениці – 4 4 т/га; виніс азоту з 1 т зерна - 30 кг; вміст мінерального азоту в 1 т сухої маси осаду - 3 кг.

$$Д^{т}_{N_{min}} = \frac{30 \times 4}{3} = 40 \text{ т/га.}$$

Приклад 2. Осад очисних споруд АТ Щокіноазот: врожайність зерна озимої пшениці – 4,5 т/га; виніс азоту з 1 т зерна - 30 кг, вміст мінерального азоту в 1 т сухої маси осаду – 5 кг.

$$Д^{т}_{N_{min}} = \frac{30 \times 4,5}{5} = 27 \text{ т/га.}$$

Розрахунок норм осаду за вмістом загального азоту в ньому проводиться за формулою:

$$Д^{т}_{N} = \frac{300}{C_N}, \text{ де}$$

$Д^{т}_{N}$ – теоретично допустима норма осаду, т/га сухої маси;

C_N – вміст загального азоту в 1 т сухого маси осаду, кг;

300 - максимальна доза внесення азоту з осадом, кг/га.

Приклад 3. Осад Кур'янівської станції аерації: вміст загального азоту в 1 т сухої маси осаду – 15 кг.

$$Д^{т}_{N_{min}} = \frac{300}{15} = 20 \text{ т/га.}$$

Приклад 4. Осад очисних споруд АТ Щокіноазот: вміст загального азоту в 1 т сухої маси осаду – 30 кг.

$$Д^{т}_{N_{min}} = \frac{300}{30} = 10 \text{ т/га.}$$

Висновок. Теоретично допустимі норми осадів нижчі за ті, що вказані в пункті 1.3.4 для орних земель, тому обмеження за вмістом мінерального та загального азоту до цих норм не застосовуються.
Застосування осадів промислово-побутових стічних вод, що містять важкі метали, та компостів з них, заборонено, якщо внесення цих добрив підвищить рівень забруднення ґрунтів до значень 0,7-0,8 ГДК, вказаних в Додатку 9.

1.3.4 Практичні рекомендації щодо обмеження внесення осадів стічних вод

З врахуванням тривалого наукового та виробничого досвіду, вимог СП 3236-85 Санитарные правила устройства и эксплуатации земледельческих полей орошения (Санітарні правила облаштування та експлуатації землеробських полів зрошування) та приймаючи до уваги аналогічні закордонні розробки (Закон ФРН про технічні шлами від 15.04.92), на землях середнього та важкого механічного складу для попередження накопичення важких металів не допускається внесення

більше 10 т/га сухої маси осадів промислово-побутових стічних вод у чистому вигляді або у складі компостів при періодичності внесення не менше 5 років. На легких піщаних та супіщаних ґрунтах норма удобрення обмежується 7 т/га з періодичністю внесення не менше 3 років.

Підвищені норми (до 30 т/га сухої речовини) осади промислово-побутових стічних вод та стоків харчової промисловості застосовуються для удобрення земель, не забруднених важкими металами, та які відводяться для деревно-кущових насаджень, розсадників, парків, під багаторічні сінокісно-пасовищні угіддя, при рекультивації земель.

Внесення осадів на торф'яних ґрунтах не рекомендується з агрономічних міркувань.

Забороняють застосування осадів та компостів з них на ґрунтах з показником $pH_{сольове}$ нижче 5,5 без їх попереднього вапнування, якщо вміст кальцію у осаді або компості не забезпечує підтримання pH ґрунту на рівні 5,5 та вище.

Зберігання та компостування осадів дозволяється проводити на ділянках, де вони будуть вноситися, або в безпосередній близькості від таких ділянок.

Для внесення твердих та різких осадів застосовуються машини та технології, розроблені для застосування відповідно твердих та рідких органічних добрив (*Органические удобрения* [Текст] : *справочник* / *П.Д. Попов*, П.И. Хохлов, А.А. Егоров [и *др*.] ; ред. И.А. Курзина. - *М*. : *Агропромиздат*, *1988*. - 207 с.).

Осад вносять на поле безпосередньо перед його оранкою відвальними плугами.

Внесення осадів стічних вод або компостів на їх основі не виключає можливості застосування інших органічних чи мінеральних добрив під сільськогосподарські культури відповідно до регіональних технологій їх вирощування. При цьому потрібно враховувати кількість елементів, які надходять у ґрунт з осадами. Особливу увагу слід звертати на надходження у ґрунт фосфору з огляду на його значні концентрації у багатьох різновидах осадів (Додаток 3).

Стічні води, що містять мікроелементи, у тому числі важкі метали у кількостях, що не перевищують ГДК для господарчо-питного водопостачання, можуть використовуватися для зрошування без обмежень.

Мікробіологічні та паразитологічні показники стічних вод, придатних для зрошування, наведено в табл. 2.

Можливість використання очищених промислових та змішаних стічних вод на СПЗ вирішується у кожному окремому випадку органами та закладами державної санітарно-епідеміологічної та ветеринарної служб на основі результатів спеціальних досліджень, проведених науково-дослідними установами гігієнічного, агромеліоративного та ветеринарного профілів, спрямованих на з'ясування ступеня та характеру впливу стічних вод на ґрунти, вирощувані культури, тварин та тваринницьку продукцію.

Таблиця 2 – Мікробіологічні та паразитологічні показники якості стічних вод, придатних для зрошування

№ з/п	Показники	Допустимий вміст в 1 $дм^3$
1.	Кількість ЛПК (лактопозитивні кишкові палички)	<10000
2.	Патогенні мікроорганізми	Відсутність
3.	Життєздатні яйця геогельмінтів аскарид, волосоголовців, анкілостомід	<1
4.	Життєздатні яйця біо-гельмінтів (онкосфери теніїд, яйця фасціол)	<1
5.	Життєздатні цисти кишкових патогенних найпростіших (цисти лямблій, балантидій, ооцисти криптоспоридій)	<1

Використання осаду стічних вод на добриво допускається після встановлення його класу токсичності (небезпеки) у відповідності до діючих нормативних документів та застосування заходів щодо його знезараження. Враховуючи наявність в осадах різноманітних токсичних інгредієнтів, в тому числі важких металів, норми внесення носу визначаються у кожному конкретному випадку розрахунковим шляхом. Норми внесення не повинні викликати накопичення важких металів у ґрунті вище 0,7-0,8 ГДК за транслокаційним показником:

Ф + Д < 0,8 ГДК,

де Ф – вихідний вміст елементу у ґрунті до внесення осаду, мг/кг;

Д – додаткове надходження даного елементу у ґрунт з осадом, мг/кг;

ГДК – гранично допустима концентрація елементу у ґрунті (за транслокаційним показником), мг/кг;

Величина допустимого надходження у ґрунт того чи іншого елементу «$Д_{макс}$» визначається за формулою (в кг/га):

$Д_{макс} = 0,8 \times (ГДК – Ф) \times 3$,

де 3 – коефіцієнт для приведення до єдиної розмірності, якщо маса орного шару ґрунту становить 3000 т/га у перерахунку на суху речовину.

Максимальна доза додатково обмежується за величиною загального азоту, що вноситься у ґрунти з осадом, яка не повинна перевищувати 300 кг/га у рік, в тому числі мінерального – не більше його виносу з річним врожаєм.

2. Вимоги до методів підготовки стічних вод та їх осадів

Для забезпечення вказаних в табл. 6 вимог до якості стічних вод, перед подачею на поля вони повинні бути відповідно підготовані, з метою забезпечення видалення яєць гельмінтів на 99,9%. Залежно від способів розподілення стоків на полях та зрошуваних культур попередня підготовка їх може здійснюватися на спорудах механічного чи біологічного очищення.

Якщо кількість стічних вод складає до 1000 $м^3$/добу, а в III та IV кліматичних районах країни – до 50000 $м^3$/добу, і відсутності споруд штучного біологічного очищення допускається підготування стічних вод на спорудах механічного очищення у комплексі з біологічними ставками або ставками-накопичувачами.

Облаштовуючи протічні біологічні ставки, слід прийняти кількість секцій в них не менше чотирьох. Тривалість знаходження стічних вод в контактних біологічних ставках для кожного кліматичного району країни визначається відповідними експериментальними дослідженнями. В різних кліматичних районах залежно від сезону (весна, літо, осінь) ці терміни коливаються від 5 до 14 діб.

В зимовий період стічні води направляються у ставки-накопичувачі.

Стічні води підприємств харчової промисловості (заводів з виробництва цукру, спирту, пива; гідролізних, з виробництва крохмалю та меляси, дріжджових продуктів, з переробки молока, овочів та фруктів) допускається використовувати для зрошування після споруд механічного очищення або ставків-відстійників, або після ставків-накопичувачів, біологічних ставків, біоплато.

Приблизні схеми підготовки та використання стічних вод на СПЗ наведено у Додатку 1.

При наявності в системі підготовки стічних вод ґрунтових відстійників, 6ставків-накопичувачів, біологічних ставків повинні

проводитися заходи для попередження розмноження кровосисних комах.

Знешкодження та знезараження осаду стічних вод може здійснюватися одним із наступним методів:

- Термофільним зброджуванням у метантенках або термосушінням;
- ІЧ опромінюванням (камера дегельмінтизації);
- Пастеризацією при 70°С і тривалості теплової дії не менше 20 хв.;
- Аеробною стабілізацією з попередній нагріванням суміші вологого осаду з активним мулом при 60-65°С протягом 2 год.;
- Компостуванням (з тирсою, сухим листям, соломою та торфом, іншими волого-поглинаючими компонентами) протягом 4-5 місяців, з яких 1-2 повинні припадати на теплу пору року, за умови досягнення у всіх частинах компосту температури не нижче +60°С;
- Витримуванням на мулових площадках за умов:

I та II-го кліматичних районів – протягом не менше 3 років;

III-го кліматичного району – не менше 2 років;

IV-го кліматичного району – не менше 1 року.

Терміни витримування осадів стічних вод на мулових площадках уточнюються експериментальним шляхом науково-дослідними закладами або органами державної санітарно-епідеміологічної служби на основі результатів лабораторних досліджень, що свідчать про відсутність в осадах життєздатних яєць гельмінтів (аскарид, волосоголовців, анкілостомідів, онкосфер теніїд, фасціол).

Ефективного знезараження осаду можна досягти обробкою негашеним вапном (3 % до об’єму осаду, який обробляється), аміачною водою (у кількості 5-8 % від маси осаду та витримування не менше 5-10 діб) та тіазоном. Останній у кількості 0,2-2,0 % до загальної маси осаду та експозиції 3-10 діб згубно діє не тільки на яйця гельмінтів, але й на патогенну мікрофлору, яйця та личинки мух, цисти кишкових патогенних найпростіших, плісняву, фітонематоди та насіння бур’янів.

Після обробки тіазоном осади повинні витримуватися до 30 діб у буртах, вкритих плівкою, на ділянках з твердим покриттям. Оброблений хімічними речовинами осад доцільно вносити в ґрунт восени, після збору врожаю.

Осади стічних вод та компости з них застосовуються для удобрення угідь, що відводяться під деревинно-чагарникові насадження, розплідники, парки, під довголітні культурні сінокісно-

пасовищні угіддя, при перезалуженні, зернофуражні, силосні, технічні культури, а також на парові поля і при рекультивації земель.

На сільськогосподарських полях зрошування для утилізації осадів, що утворюються у відстійниках, відводиться спеціальна незрошувана в цей період ділянка, яка засівається багатолітніми травами.

Технологія використання осаду стічних вод залежить від способу його підготовки та знезараження.

При використанні на добриво сухого осаду (компосту) застосовуються спеціальні машини, розроблені для внесення органічних добрив, - розкидачі типу: ПРТ-10, ПРТ-16, РОУ-5, РОУ-6 та ін. Після внесення осад заорюється на глибину 25-30 см.

Для внесення рідкого осаду застосовуються машини типу РЖТ-8, МЖТ-10, МЖТ-16 та ін. Доцільно застосовувати внутрішньо-ґрунтове внесення рідкого осаду по кротовинням, а також поливом при оранці.

При вантаженні, транспортуванні і внесенні опадів повинні дотримуватися санітарно-гігієнічні умови, що забезпечують безпеку роботи персоналу (спецодяг, спецвзуття і інші засоби особистої гігієни).

Забороняється внесення опадів у ґрунт у водозахисних і заповідних зонах, поверхнево в лісах, лісопарках, на сінокосах і пасовищах.

3. Вимоги до експлуатації сільськогосподарських полів зрошування

Введення в експлуатацію СПЗ проводиться лише після повного завершення робіт з їх облаштування або визначених проектом черг, з дотриманням технології зрошування відповідно до наведених в даному документі санітарно-гігієнічних вимог.

Сільськогосподарські поля зрошування повинні забезпечувати прийом розрахункової кількості стічних вод з врахуванням нерівномірності їх сезонного і добового надходження.

Скидання стічних вод за межі зрошуваної території та у водоймища забороняється. Нижня границя СПЗ при поверхневому поливі має бути обвалована валиками заввишки не менше 0,5 м.

Зрошувальні та поливні норми розраховуються у кожному конкретному випадку з врахуванням місцевих ґрунтово-кліматичних умов, технології використання стічних вод, техніки поливу, вирощуваних на СПЗ сільськогосподарських культур.

У випадках аварії або неможливості прийому розрахункової кількості стічних вод на поля, на зрошувальній системі має бути передбачено облаштування резервних і буферних майданчиків. Останні повинні розташовуватися на найнижчих відмітках на рельєфі місцевості. Резервні майданчики влаштовуються у вигляді чеків з валиками заввишки не менше 0,5 м. Загальна площа буферних і резервних майданчиків повинна складати не менше 5 % від території СПЗ.

На СПЗ дозволяється вирощування технічних, зернових, кормових культур і деревинно-чагарникових насаджень. Культивування на СПЗ овочевих, у тому числі картоплі, ягідних, фруктових, баштанних, салатних культур забороняється. Забезпечення санітарно-гігієнічних і ветеринарних вимог на полях зрошування найкраще досягається при вирощуванні багатолітніх трав (люцерна, конюшина, костер безостий, лисохвіст луговий, тимофіївка лугова, вівсяниця лугова, ежа збірна, двокісточник та вівсяниця тростинні та ін.), якими рекомендується займати 60-70 % зрошуваної площі, а також при вирощуванні однолітніх трав та травосумішей.

Спосіб використання кормової продукції в тваринництві узгоджується з органами державної ветеринарної служби.

Рекомендується зрошування стічними водами лісосмуг, лісорозсадників, розплідників по вирощуванню декоративних і плодово-ягідних культур, а також плантацій для інтенсивного виробництва деревини, вербняку і захисних лісонасаджень.

Для розподілу стічних вод на сільськогосподарських полях зрошування застосовуються різні способи поливу: дощування, поверхневе (по борознах, чеках, смугах, по схилу), підґрунтове і внутрішньо-ґрунтове (по керамічним, поліетиленовим перфорованим трубам, укладеними на глибині 25-60 см, кротовинам), поливання при оранці. Найбільш оптимальними в гігієнічному відношенні способами поливу стічними водами є підґрунтове і внутрішньо-ґрунтове зрошування.

Застосування тих чи інших способів поливу стічними водами на полях зрошення залежить від їхньої попередньої підготовки, з врахуванням природних умов та виду вирощуваних культур.

При експлуатації СПЗ встановлюється карантинний термін між останнім поливом та збором врожаю. Залежно від зони розташування СПЗ карантинний термін повинен складати для:

- Аридної зони (пустелі, напівпустелі) – не менше 8 діб;
- Субаридної зони (степова, лісостепова) – не менше 10 діб;
- Гумідної зони (лісо-лугова) – не менше 14 діб.

Карантинні терміни уточнюються у кожному конкретному випадку з врахуванням місцевої епідеміологічної та епізоотичної ситуації, ступеню підготовки стічних вод, способів поливу, виду вирощуваних культур та способу використання врожаю, погоджуючи їх з органами та закладами державних санітарно-епідеміологічної та ветеринарної служб.

У районах, неблагополучних з теніаринхозу серед населення і фінозу - серед великої рогатої худоби, вирощувана на СПЗ зелена маса повинна перероблятися на трав'яне (вітамінне) борошно, гранули, брикети або закладатися на сінаж і силос з використанням не раніше, ніж через 3 місяці.

4. Вимоги до організації виробничого контролю за дотриманням санітарних правил і норм при експлуатації СПЗ

Виробничий лабораторний контроль за дотриманням санітарних правил і норм при експлуатації СПЗ включає:

- Контроль ефективності роботи споруд попередньої підготовки стічних вод і їх осадів перед подачею на СПЗ;
- Контроль якості підземних і поверхневих вод, що знаходяться в зоні впливу СПЗ;
- Контроль якості ґрунту і сільськогосподарської продукції.
- Виробничий лабораторний контроль здійснюється:
- Лабораторіями водопостачальників – за якісним складом стічних вод та їх осадів;
- Лабораторіями водоспоживачів – за якісним складом поливних вод, дренажних вод, якістю води з найближчих вододжерел (криниць, свердловин, відкритих водойм) та ґрунтових вод із контрольних (спостережних) свердловин;
- Лабораторіями землекористувачів – за станом ґрунту та якістю вирощуваної сільськогосподарської продукції.

В Додатку 2 наведено рекомендований перелік елементів та показників, які підлягають промисловому контролю.

Порядок контролю якості підземних і поверхневих вод (вибір пунктів контролю, перелік показників, які аналізують, частота досліджень), що здійснюється водокористувачами, погоджується з органами та закладами державної санітарно-епідеміологічної служби.

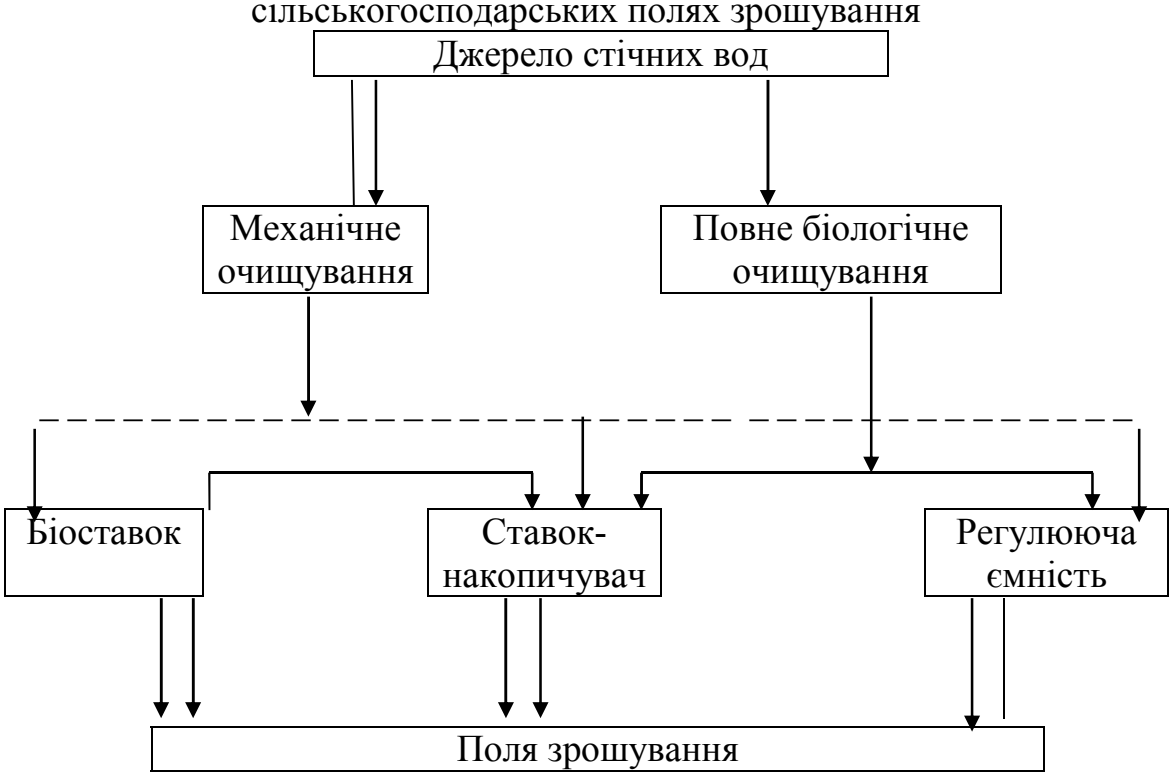
Результати виробничого контролю за дотриманням санітарних правил і норм при експлуатації СПЗ представляються в органи і установи державної санітарно-епідеміологічної служби у погодженій формі.

5. Вимоги до умов праці

Персонал, що працює на СПЗ, має бути забезпечений спецодягом, аптечкою, приміщеннями для відпочинку, душу, сушіння одягу. Особам, що мають безпосереднє відношення до експлуатації СПЗ, один раз в рік проводяться профілактичні щеплення проти кишкових інфекцій, а також обстеження на гельмінтози, кишкові найпростіші і наявність бактерій у організмі. Працюючі на СПЗ повинні складати техмінімум з правил експлуатації СПЗ і санмінімум з особистої гігієни. Особи, що не мають відношення до експлуатації СПЗ, не повинні допускатися на їх територію.

Додаток 1

Приблизні схеми підготовки та використання стічних вод на сільськогосподарських полях зрошування



——— Міські стічні води міст на малих населених пунктів

-------- Стічні води підприємств харчової промисловості

Додаток 2

Рекомендований перелік елементів та показників для виробничого контролю[1]

№ з/п	Показники	Стічні води	Ґрунти	Врожай с.-г. культур	Ґрунтові води з контрольних свердловин	Дренажні води	Вода водойм
1.	Об'єм витрати	Щоденно	-	-	-	-	-
2.	pH	1 раз у місяць	Раз у рік	-	1 раз у квартал	1 раз у місяць	1 раз за сезон
3.	ХСК	- « -	-	-	- « -	- « -	- « -
4.	БСК	- « -	-	-	- « -	- « -	- « -
5.	Зважені речовини	- « -	-	-	- « -	- « -	- « -
6.	Загальна мінералізація	- « -	-	-	- « -	- « -	- « -
7.	Лужність	- « -	-	-	- « -	- « -	- « -
8.	Азот загальний	- « -	Раз у рік	-	- « -	- « -	- « -
9.	Нітрати	- « -	-	Кожний укіс	- « -	- « -	- « -
10.	СПАР	- « -	Раз у рік	-	- « -	- « -	- « -
11.	Хром	- « -	Раз у рік	Раз у рік	- « -	- « -	- « -
12.	Мідь	- « -	- « -	-	- « -	- « -	- « -
13.	Залізо	- « -	-	-	- « -	- « -	- « -
14.	Кадмій	- « -	Раз у рік	Раз у рік	- « -	- « -	- « -
15.	Цинк	- « -	-	-	- « -	- « -	- « -
16.	Молібден	- « -	Раз у рік	Раз у рік	- « -	- « -	- « -
17.	Рівень ґрунтових вод	-	-	-	1 раз у квартал	-	-
18.	Колі-форми загальні[2]	1 раз у квартал	-	-	- « -	За приписами	1 раз в сезон
19.	Життєздатні яйця гельмінтів	- « -	Раз в рік	За приписами	- « -	- « -	- « -

	(аскарид, волосо-головців, анкілостомід, онкосфери теніїд, яйця фасціол), життєздатні цисти кишкових найпростіших (цисти лямблій, балантидій, ооцисти крипто-споридій)						

[1] Уточнюються у кожному конкретному випадку залежно від якості стічних вод; їх підготовки, режиму зрошення, вирощуваних культур, термінів збору врожаю та способу його використання, площі СПЗ;

[2] Визначення патогенних мікроорганізмів проводиться за епідеміологічними показниками.

Додаток 3

Вимоги до якості стічних вод та їх осадів, що використовуються для зрошування та удобрення (затверджено Мінсільгоспородом РФ 9 травня 1995 р.)

1. Загальні положення

1.1. Дані вимоги поширюються на господарчо-побутові, промислові й змішані стічні води та їх осади, які використовують для зрошування й удобрення. Вимоги не поширюються на стоки тваринницьких комплексів і ферм, підприємств з виробництва пестицидів, стоки, що містять радіонукліди, стоки гальванічних підприємств.

Дані вимоги встановлюють склад і властивості стічних вод і їх осадів, які використовують для зрошування й удобрення технічних, кормових і деревинно-чагарникових культур в основних ґрунтово-кліматичних зонах з врахуванням збереження та підвищення родючості ґрунтів, якості сільськогосподарської продукції та охорони водних об’єктів від забруднення.

Вказані вимоги складені на основі наступних нормативно-технічних документів:

- ГОСТ 17.4.3.05-86 (СТ СЭВ 5297-85) Охрана природы. Почвы. Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения (Охорона природи. Вимоги до стічних вод та їх осадів для зрошення та удобрення);
- СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения (Каналізація. Зовнішні мережі та споруди);
- СНиП 2.06.08-85. Мелиоративные системы и сооружения (Меліоративні системи та споруди);
- Санитарные правила устройства и эксплуатации земледельческих полей орошения. N 3236-85 (Санітарні правила облаштування та експлуатації землеробських полів зрошення);
- Оросительные системы с использованием сточных вод. Нормы проектирования ВСН 33-2.2.02-86 (Зрошувальні системи з використанням стічних вод, норми проектування);
- Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения (Вимоги до стічних вод та їх осадів для зрошення та удобрення);
- Научные основы мониторинга земель РФ. М., 1992 (Наукові основи моніторингу земель).
- Методика определения размеров ущерба от деградации почв. М., 1994 (методика визначення розмірів збитку від деградації ґрунтів).

1.2. Оцінка якості стічних вод та їх осадів, що використовуються для зрошення та удобрення, здійснюється комплексно за агрохімічними, санітарно-гігієнічними та ветеринарно-санітарними показниками.

Нормування показників якості поливних стічних вод та їх осадів здійснюється з врахуванням ґрунтово-кліматичних, гідрогеологічних умов територій конкретного об'єкту, біологічних особливостей вирощуваних культур та технології зрошення.

1.3. Враховуючи велике різноманіття складу січних вод, ґрунтово-кліматичних, екологічних та соціально-економічних умов об'єктів, не виключається доповнення окремими показниками вимог, наведених вище, за умови, що вони не спричинять зниження родючості ґрунту, погіршення якості врожаю вирощуваних культур, шкідливого впливу кормової продукції на організм тварин та екологічного стану навколишнього середовища. Додатки погоджують з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби, охорони навколишнього середовища та природних ресурсів.

2. Агротехнічні, санітарно-гігієнічні та ветеринарно-санітарні вимоги до стічних вод

2.1. Агрохімічні вимоги, що визначають придатність стічних вод для зрошення, спрямовані на:

- Підвищення родючості ґрунту, попередження акумуляції в ньому токсичних речовин, засолення та осолонцювання;
- Одержання стабільного та високого врожаю вирощуваних культур такої якості яка б відповідала санітарно-гігієнічним та ветеринарним вимогам.

2.2. Хімічний склад стічних вод, що використовують для зрошення, оцінюється за активністю йонів гідрогену (pH), містом уми легкорозчинних солей, наявністю основних біогенних елементів (азоту, калію, фосфору), мікроелементів, органічних речовин.

Залежно від хімічного складу стічних вод, фізико-хімічних властивостей ґрунту, особливостей вирощуваних культур визначається технологія використання стічних вод для регулярних (з точки зору водоспоживання) або удобрювальних поливів.

Основні показники хімічного складу деяких видів стічних вод, які використовуються для регулярного зрошення, наведені в Додатку 1.

2.3. Активність йонів водню стічних вод повинна знаходитися в межах pH 6,0-8,5 диференційовано залежно від pH ґрунту:

<6,0 - pH води для зрошення 6,5-8,5;

>8,0 - pH води для зрошення 6,0-7,5.

2.4. Надходження токсичних солей з водою для зрошення не повинно призводити до перевищення критичного вмісту водорозчинних солей у ґрунті при содовому засоленні 0,1%, для інших типів засолення - 0,25%.

З врахуванням гранулометричного складу зрошуваних ґрунтів гранична концентрація суми солей у стічних водах не повинна перевищувати:

- Якщо склад ґрунтів важко- та середньо-суглинковий -1 г/л (15 мг-екв/л);
- легкосуглинковий - 2 г/л (30 мг-екв/л);
- супіщаний та піщаний - 3 г/л (45 мг-екв/л).

Приклад оцінки сольового складу поливної води з врахуванням норми зрошення, використання рослинами атмосферних опадів, гранулометричного складу та водно-фізичних властивостей ґрунтів (за величиною найменшої вологоємності 50-см шару – НВ50) наведено у Додатку 2.

2.5. З метою попередження натрієвого солонцювання ґрунтів нормуються величини співвідношення у стічний воді катіонів натрію до кальцію та магнію, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Допустимі співвідношення катіонів у поливній воді ($\sqrt{Ca + Mg}$)

Карбонатні ґрунти*		Некарбонатні ґрунти	
Важко-суглинкові НВ50=200 мм	Піщані НВ50=50 мм	Важко-суглинкові НВ50=200 мм	Піщані НВ50=50 мм
4	8	2	4
* Якщо вміст $CaCO_3$ більше 0,5%.			

Приклад оцінки сольового складу води за вимогами пп. 2.4 та 2.5 наведено у Додатку 2.

2.6. Для попередження процесів магнієвого осолонцювання ґрунтів у степовій та напівстеповій зонах співвідношення концентрацій (мг-екв/л) йонів Mg:Ca у стічній воді повинно бути меншим за 1.

2.7. Допустимий вміст біогенних елементів (азоту, фосфору і калію) в стічній воді при проектуванні полів зрошення визначається залежно від величини внесення їх зі зрошуваною нормою і не повинен виносу цих елементів із запланованим врожаєм з врахуванням всіх видів втрат.

Приклад розрахунку допустимої концентрації азоту, фосфору і калію у воді для зрошення наведено в Додатку 3. Орієнтовний виніс азоту, фосфору і калію наведено в Додатку 4.

2.8. Якщо величина внесення NPK за умов певної норми зрошення буде меншою за їх виніс з врожаєм, то їх недостачу слід компенсувати добривами (з поливною водою, за допомогою гідропідживлювачів або безпосередньо у ґрунт).

Враховуючи, що багато видів стічних вод містять поживні речовини у межах: азоту - 50-120, фосфору - 10-30, калію - 30-120 мг/л, зрошення, як правило, проводиться виходячи з водоспоживання культур: для гумідної зони прийнятні максимальні величини NPK, для азидної – мінімальні.

Якщо концентрація азоту, фосфору і калію висока у стічних водах (підприємства з виробництва спирту, крохмаль та супутні продукти, дріжджі тощо), то вони використовуються для удобрювальних поливів згідно до норм, що відповідають виносу поживних речовин врожаєм або розбавляються менш концентрованими побутово-господарчими чи іншими водами.

Характеристика різних видів стічних вод за вмістом поживних речовин наведена в Додатку 5.

2.9. В процес експлуатації полів зрошення потреба сільськогосподарських культур в добривах визначається нормативним (балансово-розрахунковим) методом на основі агрохімічного обстеження ґрунтів (Додаток 6).

2.10. Стічні води, що містять мікроелементи, в тому числі важкі метали, у кількостях, що не перевищують ГДК для води господарчо-питного водокористування, можуть використовуватися для зрошення без обмежень.

Допустима концентрація мікроелементів, в тому числі важких металів, у стічних водах встановлюється залежно від норми зрошення та наявності їх у ґрунті. Приклад розрахунку допустимої концентрації мікроелементів у воді для зрошення наведений в Додатках 7 і 8.

Величина внесення мікроелементів з нормою зрошення не повинна перевищувати 0,7-0,8 ГДК для ґрунту (Додаток 9).

Наведені прогнозні розрахунки накопичення у ґрунті мікроелементів на стадії проектування зрошувальних систем являються елементами обґрунтування використання стічних вод для зрошення.

2.11. Допустимий сумарний вміст токсичних, в тому числі органічних, ревони в стічних водах визначається з врахуванням ступеня їх впливу на мікробіологічну активність ґрунтів

(нітрифікаційну та целюлозоруйнуючу), а також на ріст, розвиток та якість вирощуваних культур (у відповідності з ГОСТ 17.4.3.05-96) або біотестуванням з пророщування насіння сільськогосподарських культур. Якщо зрошення конкретними стоками проводиться вперше. Методика біотестування наведена в Додатку 10.

2.12. Санітарно-гігієнічна та ветеринарно-санітарна оцінка якості стічних вод, що використовуються для зрошення, проводиться за мікробіологічними та паразитологічними показниками, наведеними в табл. 2.

Таблиця 2. Мікробіологічні і паразитологічні показники якості стічних вод, що використовуються для зрошення

Показники	Допустимий вміст в 1 $дм^3$
Кількість ЛПК (лактопозитивних кишкових паличок)	< 10000
Патогенні мікроорганізми (визначення проводиться за епідеміологічними показниками)	Відсутні
Життєздатні цисти кишкових найпростіших (дизентерійна амеба, лямблії)	< 1
Життєздатні яйця гельмінтів (аскариди, волосоголовця, остриці, токсакар, фасціоли, теніїд, карликового ціп'яку)	< 1

У випадку невідповідності якості стічних вод вказаним показникам або потенційній контамінації стоків збудниками інвазійних хвороб, заходом профілактики зараження тварин збудниками паразитарних хвороб є переробка рослинної маси та використання її для годівлі тварин у вигляді сінажу, силосу, трав'яного борошна та концентратів.

Приклад розрахунку можливого ступеня контамінації збудниками паразитозів, що містяться у стічних водах або їх осадах, наведений в Додатку 11.

2.13. Для забезпечення параметрів, вказаних у даному документі, стічні води міст та крупних населених пунктів перед використанням їх для зрошення очищаються біологічним методом згідно Санітарним Правилам та СНіП 2.04.03-85.

Стічні води підприємств харчової промисловості (заводів з виробництва цукру, спирту, крохмально-патокових продуктів, з переробки овочів, фруктів) за відсутності в них побутово-господарських вод допускається використовувати для зрошення після

їх механічного очищення, а також за необхідності – розбавлення, усереднення.

2.14. Для підготовлення стічних вод і більш глибокого їхнього доочищення перед подачею на зрошення кормових культур, застосовуються різноманітні типи біологічних ставків, проектування яких здійснюється відповідно до СНіП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети», а також «Рекомендациями по устройству биологических оксидационных контактных, стабилизационных (БОКС) прудов» (М., 1987).

2.15. При вирощуванні кормових культур (крім коренеплодів) на полях зрошення необхідно дотримання зооветеринарних вимог із забезпечення якості кормової продукції.

Вміст нітратів і нітритів в кормах не повинен перевищувати максимально допустимий рівень (МДР), наведений в Додатку 12.

Для недопущення надлишкового накопичення нітратів у кормовій продукції рекомендується застосування дробового внесення азотних добрив (тобто 40-50% – весною та двічі по 25-30% в літній період), а також збалансоване внесення NPK з поливною водою та мінеральними добривами відповідно до виносу їх з врожаєм та режимом зрошення.

2.1.6. При експлуатації полів зрошення у відповідності з діючими санітарними правилами встановлюється карантинний термін між останнім поливом та збиранням врожаю, який уточнюється у кожному конкретному випадку з врахуванням ступеню підготовки стічних вод, вирощуваних культур, способу використання врожаю та повинен бути погоджений з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби та державного ветеринарного нагляду.

В районах, неблагополучних з теніаріозу серед населення та фінозу серед великої рогатої худоби, вирощувані трави повинні перероблятися на трав'яне (вітамінне) борошно або закладатися на сінаж та силос з використанням останніх не раніше ніж через 3 місяці.

2.17. Забезпечення санітарно-гігієнічних і ветеринарно-санітарних вимог а полях зрошення найкраще досягається при вирощуванні багаторічних та однорічних трав, якими потрібно займати не менше 60% площі. Вирощування багаторічних трав сприяє рівномірному одержанню зеленої маси, підвищенню родючості ґрунту і ефективності очищення стічних вод. Такі багаторічні трави як двокісточник тростиновидний (Digraphis arundinacea), костер безостий (Bromis inermis), лисохвіст луговий (Alopecurus pratensis), тимофіївка лугова (Phleum pratensis), вівсяниця лугова (Festuca pratensis), вівсяниця тростиновидна (Festuca arundinacea), а також

люцерна, конюшина, буркун, лядвенець споживають багато води та поживних речовин, мають високу очисну здатність.

Із однорічних трав рекомендуються посіви вівса та ячменю у суміші з горохом та вікою, які збираються а зелену масу, амарант, рапс яровий та райграс однорічний, які дають в умовах зрошення до трьох укосів, а також культури сидератів: люпину однорічного, сераделли, редьки олійної, остання являється також гарною фітосанітарною культурою.

При підборі культур слід враховувати відповідні зональні умови їх вирощування.

3. Вимоги до осадів стічних вод, які використовуються на добрива

3.1. Використання осаду стічних вод для удобрення може бути дозволено після його знезараження одним із способів відповідності до діючих Санітарних правил облаштування та експлуатації сільськогосподарських полів зрошення.

3.2. Залежно від технологій оброблення та зберігання осадів вони можуть використовуватися у рідкому вигляді, 92-96 %, або у вигляді сипучої маси, вологістю 50-70 %, а також у вигляді компостів. Для компостування використовуються торф, солома, гній, деревні та інші органічні відходи.

3.3. На ділянках, призначених для удобрення осадом, до його внесення повинне бути проведене агрохімічне обстеження ґрунту за такими показниками: pH. Вміст рухомих форм фосфору, калію, важких металів – свинцю, кадмію, хрому, міді, нікелю, ртуті, цинку. Обстеження проводиться методами, прийнятими в агрохімічній службі.

3.4. Внесення осадів забороняють у водоохоронних та заповідних зонах, поверхнево – у лісах та лісопарках, а також на ґрунтах, забруднених важкими металами.

На сінокосах та пасовищах внесення осадів дозволено тільки в процесі повторного залуження (під оранку).

3.5. За удобрювальними властивостями осади стічних вод можуть розглядатися як органо-мінеральні або органічні добрива, аналогічні органо-мінеральним компостам, підстилковому або безпідстилковому (рідкому) гною.

Суха маса осадів містить: органічної речовини 40-60%, азоту – 1-3%, фосфору (P_2O_5) – 1-4%, калію (K_2O) – 0,2-0,7%, кальцію (Ca) – 3-5%, осади містять також магній, сірку, інші макро- та

мікроелементи, необхідні для живлення рослин. Осади, отримані після споруд біологічного очищення стічних вод, мають зазвичай реакцію середовища, близьку до нейтральної (pH 6,5-8,0).

3.6. Для визначення удобрювальної цінності у кожній партії осадів, однорідній за своїм походженням, повинні бути визначені: pH_{KCl}, вміст сухої речовини, органічної речовини, зольність, вміст мінерального (нітратного $N\text{-}NO_3$ та амонійного $N\text{-}NH_4$) азоту, загальний вміст та вміст рухомих форм (P_2O_5), калію (K_2O) та загального кальцію (Ca).

Нормативні вимоги до осадів стічних вод наведено в Додатку 13.

3.7. Осади промислово-побутових стічних вод можуть містити важкі метали, кількість яких залежить від складу та частки промислових стоків, а також способу підготування осадів. Вміст важких металів в осадах коливається у широких межах, про що свідчать дані, наведені в Додатку 14, де вказаний хімічний склад осаду після очисних споруд деяких міст.

Вміст важких металів в осадах стічних вод від підприємств, що переробляють сільськогосподарську продукцію, як правило, нижчий, а поживних речовин – вищий, ніж в осадах після міських очисних споруд.

З метою попередження небезпеки забруднення ґрунтів, продукції та довкілля важкими металами, осади стічних вод, призначені для удобрення, повинні в обов’язковому порядку аналізуватися на вміст важких металів: свинцю, кадмію, хрому, міді, нікелю, ртуті, цинку.

3.8. Хімічний аналіз вмісту поживних речовин та важких металів в осадах виконується тією установою, що відповідає за їх постачання на удобрення, і його результати передаються користувачу у вигляді супроводжувального документу (сертифікату).

3.9. Норми внесення осадів встановлюють залежно від їхньої удобрювальної цінності та вмісту важких металів в ґрунтах та осадах. Забороняється внесення осадів, якщо вміст важких металів в них перевищує норми, вказані у Додатку 13. У випадку перевищення вказаних значень допускається приготування компостів на основі осадів у суміші з іншими компонентами (торф, гній, рослинні рештки) для доведення вмісту важких металів до рівнів, наведених в Додатку 13.

3.10. Фактором, який обмежує норму внесення осадів за вмістом поживних речовин, являється вміст в них загального і мінерального азоту. Не допускається внесення загального азоту з осадом більше

300 кг на 1 га, в тому числі мінерального азоту, що перевищує виніс річним врожаєм культури, під яку вноситься осад. Приклад розрахунку допустимої норми осадів за вмістом важких металів та азоту наведено в п. 1.3.2.

3.11. Заборонено застосування осадів промислово-побутових стічних вод, що містять важкі метали, та компостів із них, якщо внесення цих добрив підвищить рівень забруднення ґрунтів до значень 0,7-0,8 ГДК, вказаних у Додатку 9.

3.12. З врахуванням тривалого наукового та промислового досвіду, вимог «Санітарних правил облаштування і експлуатації сільськогосподарських полів зрошення» та приймаючи до уваги аналогічні закордонні розробки (Закон ФРН про технічні шлами від 5.04.92), на землях середнього та важкого механічного складу для запобігання накопичення важких металів не допускається внесення більше 10 т/га сухої маси осадів промислово-побутових стічних вод у чистому вигляді або у складі компостів, при періодичності внесення не менше 5 років. На легких піщаних та супіщаних ґрунтах норма удобрення обмежується 7 т/га з періодичністю внесення не менше 3 років.

Підвищені норми (до 30 т/га сухої речовини) осади промислово-побутових стічних вод і стоків харчової промисловості застосовуються для удобрення не забруднених важкими металами земель, які відводяться під посадку деревно-кущових насаджень, розсадники, парки, під багаторічні сінокісно-пасовищні угіддя, при рекультивації земель.

Внесення осадів на торф'яних ґрунтах з агрономічних міркувань не рекомендується.

3.13. Забороняється застосування осадів та компостів із них на ґрунтах, де pH_{KCl} нижче 5,5 без їхнього попереднього вапнування, якщо вміст кальцію у осаді або компості не забезпечує підтримання pH на рівні 5,5 та більше.

3.14. Зберігання і компостування осадів дозволено на ділянках, де вони будуть вноситися, або в безпосередній близькості від таких ділянок.

Для внесення твердих і рідких осадів застосовуються машини і технології, розроблені для застосування відповідно твердих і рідких органічних добрив (*Органические удобрения* [Текст] : *справочник* / *П.Д. Попов*, П.И. Хохлов, А.А. Егоров [и *др*.] ; ред. И.А. Курзина. - *М.* : *Агропромиздат*, *1988*. - 207 с.). Осад вносять на поле безпосередньо перед його оранкою відвальними плугами.

3.15. Внесення осадів стічних вод або компостів на їх основі не виключає можливості застосування інших органічних і мінеральних добрив під сільськогосподарські культури відповідно до регіональних технологій їх вирощування. При цьому повинна враховуватися кількість елементів, які надходять з ґрунт з осадом. Слід звертати особливу увагу на надходження у ґрунт фосфору внаслідок значних концентрацій його в багатьох видах осадів.

4. Контроль якості стічних вод та їх осадів, що використовуються для зрошення та удобрення

4.1. Державний контроль за дотриманням даних вимог здійснюється місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби, охорони навколишнього середовища та органами державної ветеринарної служби.

Виробничий контроль за якістю стічних вод та їх осадів, що використовуються для зрошення і удобрення, здійснюється службами водопостачальників та водоспоживачів на договірних умовах.

4.2. Контрольні точки, терміни відбору проб стічних вод та основні показники їхнього складу визначаються у кожному конкретному випадку при проектуванні та уточнюються при експлуатації зрошувальних систем за погодженням з контролюючими органами.

4.3. Спосіб відбору, об’єм, зберігання і транспортування проб стічних вод проводиться відповідно до вимог діючих стандартів.

Для аналізу хімічного складу стічних вод застосовуються методики, вказані в Додатку 15.

4.4. На ділянках, які зрошуються стічними водами, проводиться також систематичний контроль агрохімічних властивостей ґрунту, якості врожаю, складу підземних вод. Терміни і точки відбору проб ґрунту, рослин і води відзначаються у кожному конкретному випадку при проектуванні і уточнюються при експлуатації систем по погодженню з місцевими контролюючими органами, вказаними в п. 4.1.

4.5. Аналіз складу осадів стічних вод проводиться перед їхнім внесенням. На ділянках, призначених для зрошення і внесення осадів, визначається фоновий вміст важких металів у ґрунтах.

Контроль основних агрохімічних властивостей ґрунтів, які систематично удобрюються осадами або компостами на їх основі, проводиться агрохімічною службою або відповідними науково-дослідницькими установами за наступними показниками: pH, віст

гумусу, рухомих форм азоту, фосфору і калію, важких металів, вказаних в п. 3.7, не рідше одного разу в 5 років. Кількість контрольованих параметрів в ґрунтах і осадах стічних вод визначаються залежно від їх особливостей, і може бути уточнено в конкретних умовах. На основі аналізів вирішується питання про можливість подальшого застосування осадів на цій площі відповідно до п. 3.11 і, за погодженням з агрохімічною службою, органами санітарно-епідеміологічних і державних ветеринарних служб.

4.6. За умов багаторічного застосування міських та промислових стічних вод для зрошення кормових культур слід передбачити заходи, які забезпечують вміст в кормах токсичних речовин у межах максимально допустимого рівня, наведених в Додатку 16.

ДОДАТОК 1

Основні показники хімічного складу деяких видів стічних вод, як використовуються для зрошення (середні дані, мг/л)

Показники хімічного складу	Види стічних вод										
	Господарчо-побутові		Підприємства з виробництва та переробки:								
	міст	Малих населених пунктів	Крохмалю з картоплі	Цукру із буряка	дріжджів	Масло, сир, молоко	Томатів	Яблук	Плодів, овочів	Азотних добрив	Гідролізних продуктів
pH (KCl)	7,2	7,2	5,1	7,0	5,3	6,9	6,5	5,9	7,3	8,2	6,6
Зважені речовини	50-60	160	2300	1215	103	290	840	551	198	-	600
Сухий залишок	1000	600	1250	1610	1210	2230	780	600	500	700	1450
HCO_3^-	300	350	650	962	493	641	517	465	386	-	1281
Cl^-	80	70	80	180	63	190	128	84	878	170	126
SO_4^{2-}	100	80	230	141	285	170	177	215	112	125	854
Ca^{2+}	60	55	60	195	118	280	49	55	44	30	253
Mg^{2+}	25	25	80	65	49	84	101	104	39	30	81
Na^+	100	90	80	240	80	175	85	79	104	45	46
K_2O	15	20	130	75	160	85	73	9	17	1	66
NH_4^+	5	15	50	16	15	49	34	7	8	55	358
$N_{заг}$	15	40	200	52	60	107	46	14	1	89	387
P_2O_5	5	8	4	2,5	4	30	4	0,5	1,8	27	37
ХСК	50	350	400	200	-	1500	800	600	330	360	500

ДОДАТОК 2

Приклад оцінки сольового складу води для зрошення

Вихідні дані

1. Сольовий склад води (на прикладі стоків маслосирзаводу у чорноземній зоні):

Катіони	мг-екв/л	Активність	Аніони	мг-екв/л	Активність
Ca^{2+}	14,4	0,405	PO_4^{3-}	1,3	0,095
Mg^{2+}	7,0	0,450	SO_4^{2-}	9,6	0,355
NH_4^+	2,7	0,750	Cl^-	3,5	0,755
K^+	2,2	0,755	Луж*	13,9	0,770
Na+	2,0	0,775			

* - Луж – лужність, зумовлена в стічних водах переважно аніонами органічних кислот, а також слабких мінеральних кислот та йонами OH^-.

2. Ґрунти важко-суглинисті карбонатні:

НВ50=190 мм, K_1=2; $K_2=\sqrt{\frac{200}{НВ50}}=\sqrt{\frac{200}{190}}=1{,}026.$

3. Середньозважена за сівозміною норма зрошення нетто, 325 мм (J).

4. Усереднені багаторічні дані про використані рослинами атмосферні опади 350 мм (P).

Гіпотетичний склад солей кількісно визначають, об'єднуючи катіони та аніони у порядку зростання їхньої активності, мг-екв/л:

$MgNH_4PO_4$ – 1,3 $MgЛуж^3$ – 6,1
$CaSO_4$ – 9,6 $NH_4Луж$ – 2,3
$CaCl_2^3$ – 3,5 Клуж – 2,2
$CaЛуж^3$ – 1,3 $NaЛуж^3$ – 2,0

Особливістю розрахунку гіпотетичного складу солей є те, що починати потрібно з $MgNH_4PO_4$, бо ця сіль характеризується найнижчою розчинністю у воді.

Оцінка придатності води за сумарним вмістом солей проводиться за формулою:

$$\frac{C \cdot J \cdot НВ50}{(J+P) \cdot 2000} < 1, \text{ де} \qquad (1)$$

C – сума токсичних солей, м-екв/л;

НВ50 – найменша вологоємність шару ґрунту 0-50 см, мм.

Враховуючи вихідні дані щодо вмісту токсичних солей, величини атмосферних осадів та зрошувальної норми, вологоємності ґрунтів, оцінка води за формулою (1):

$$\frac{12{,}9 \cdot 325 \cdot 190}{(325+350) \cdot 2000} = 0{,}59, \text{ що} < 1.$$

Оцінка води для зрошення з точки зору небезпеки осолонцювання проводиться за формулою:

$$\frac{\text{Na}}{\sqrt{\text{Ca}+\text{Mg}}} < 2 \cdot \text{К}_1 \cdot \text{К}_2, \text{ де:} \qquad (2)$$

Na, Ca, Mg – вміст відповідних катіонів у стічний воді, мг-екв/л;

$К_1$ – коефіцієнт, рівний 2 для карбонатних та 1 для не карбонатних ґрунтів;

$$К_2 = \frac{200}{\text{НВ50}}.$$

Враховуючи вихідні дані щодо вмісту катіонів у воді, вологоємності та карбонатності ґрунтів, проводиться оцінка води за формулою (2):

$$\frac{2{,}0}{\sqrt{14{,}1+7{,}0}} = 0{,}43, \text{ що менше величини } 2 \cdot \text{К}_1 \cdot \text{К}_2 = 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{200}{190}} = 4{,}1.$$

Висновок. За сольовим складом вода придатна для зрошення згідно до оціночних формул (1) та (2) та вимог п. 2.6 даних рекомендацій.

ДОДАТОК 3

Приклад розрахунку допустимої концентрації азоту, фосфору і калію у воді для зрошення

Розрахунок проводять за формулою:

$$C_{N,P,K} = \frac{100 \cdot B}{J \cdot K_3}, \text{ де} \qquad (3)$$

$C_{N,P,K}$ – допустима концентрація азоту, фосфору і калію у воді для зрошення, мг/л;

В – середньозважена у сівозміні величина виносу врожаєм азоту, фосфору і калію, кг/га;

J – середньозважена за сівозміною норма зрошення нетто;

K_3 – коефіцієнт засвоєння елементів живлення врожаєм: на ґрунтах з низькою забезпеченістю приймається для азоту – 0,5, фосфору і калію – 0,8; з середньою забезпеченістю – для азоту – 0,6, фосфору і калію – 0, 85; з високою забезпеченістю – для азоту – 0,8, фосфору і калію – 0,9.

Вихідні умови розрахунку прикладу:

Ґрунти мають середній ступінь забезпеченості азотом, фосфором і калієм, тому K_3 складає для азоту – 0,6 фосфору і калію – 0,85.

Допустимі концентрації елементів складають, мг/л:

$$C_N = \frac{100 \cdot 240}{300 \cdot 0{,}6} = 133;$$

$$C_P = \frac{100 \cdot 45}{300 \cdot 0{,}85} = 18;$$

$$C_K = \frac{100 \cdot 230}{300 \cdot 0{,}85} = 90.$$

ДОДАТОК 4

Орієнтовний виніс азоту, фосфору та калію з врожаєм основних сільськогосподарських культур*

№ з/п	Культура	Основна продукція	Виніс поживних речовин на 1 т основної продукції (з врахуванням побічної), кг		
			N	P_2O_5	K_2O
Нечорноземна зона					
1.	Пшениця озима	Зерно	30	13	25
2.	Пшениця ярова	Зерно	25	12	25
3.	Жито озиме	Зерно	25	12	25
4.	Ячмінь	Зерно	25	11	22
5.	Овес	Зерно	33	14	29
6.	Горох	Зерно	66	16	20
7.	Віка	Зерно	65	14	16
8.	Люпин	Зерно	66	19	47
9.	Кукурудза	Зелена маса	4	2	5
10.	Соняшник	Зелена маса	5	3	15
11.	Льон-довгунець	Волокно	80	40	70
12.	Конопля	Волокно	200	62	100
13.	Буряк цукровий	Коренеплоди	6	2	8
14.	Буряк кормовий	Коренеплоди	5	2	7
15.	Конюшина	Сіно	20	6	15
16.	Люцерна	Сіно	26	7	15
17.	Тимофіївка	Сіно	13	6	17
18.	Конюшина-тимофіївка	Сіно	19	6	15
19.	Природні сінокоси	Сіно	17	7	18
20.	Багаторічні злакові трави	Зелена маса	4	1	5
*Усереднено***					
1.	Пшениця озима	Зерно	32	11	16
2.	Жито озиме	Зерно	29	12	21
3.	Кукурудза	Зерно	30	10	26
4.	Горох	Зерно	66	15	29
5.	Соя	Зерно	72	14	20
6.	Гречка	Зерно	30	15	30

* Виніс поживних речовин із ґрунту запланованим врожаєм уточнюється за даними зональних та обласних науково-дослідних закладів проектних інститутів агрохімлабораторій тощо.

** Землеробство з основами грунтознавства і агрохімії [Текст] : підручник для студ. вищих навч. закл. / В. П. Гудзь [и др.] ; ред. В. П. Гудзь. - 2-ге вид., переробл. та доп. - К. : Центр учбової літератури, 2007. - 408 с.

ДОДАТОК 5

Характеристика стічних вод за їх удобрювальною цінністю

Вид стічних вод	Вмісту стічній воді елементів живлення, мг/л	Удобрювальна цінність стічних вод
Перша група		Висока
Стічні води крохмальних, крохмально-мелясових, гідролізних, біохімічних, хіміко-фармацевтичних, спиртових заводів тощо	Азот > 100 Фосфор > 30 Калій > 70	Потрібне, як правило, розбавлення і додаткове внесення фосфорних добрив
Друга група		Середня
Стічні води цукрових, дріжджових, консервних заводів та пунктів первиннох переробки овочів, заводів з виробництва мінеральних добрив	Азот 50 - 100 Фосфор 10 – 30 Калій 30-70	Потрібне внесення NPK, як правило, у розмірі 50% норми, яку рекомендують для даної зони за звичайного зрошення
Третя група		Низька
Стічні води міст, селищ, текстильної, паперової, целюлозно-паперової промисловості тощо	Азот > 100 Фосфор > 30 Калій > 70	Потрібне внесення мінеральних і органічних добрив у нормі, рекомендованій для даної зони за звичайного зрошення

ДОДАТОК 6

Приклад розрахунку норм мінеральних добрив під багаторічні злакові трави при зрошенні стічними водами

Розрахунок потреби культур в добривах проводиться за формулою:

$$Н_{N,P,K} = В \cdot К_В, \text{ де} \quad (4)$$

$Н_{N,P,K}$ – потреба культур в поживних речовинах, кг/га;

В – виніс поживних речовин запланованим врожаєм, кг/га;

$К_в$ – коефіцієнт заміщення виносу елементів живлення.

Культура – багаторічні лакові трави на зелену масу, врожайність – 40 т/га.

Виніс поживних речовин 1 т продукції, кг: : N - 6, P_2O_5, - 1, K_2O - 6.

Ґрунт – дерново-підзолистий, середньо-забезпечений за азотом та фосфором, високозабезпечений за калієм, рН-5,0; вміст поживних речовин, мг/100 г: легкогідролізований азот - 6, P_2O_5 - 7, K_2O - 14.

Коефіцієнт заміщення виносу поживних речовин залежно від родючості ґрунтів

Родючість ґрунтів за ступенем забезпеченості поживними речовинами	Вміст поживних речовин, мг/100 г			Коефіцієнт заміщення виносу $К_в$		
	Легкогідро-лізований азот (за Тюріним та Кононовій)	Рухомий фосфор P_2O_5	Рухомий калій K_2O	N	P_2O_5	K_2O
		За Кірсановим				
Низька	< 5	< 5	< 8	1,2	3	1,3
Середня	6-8	5-10	8-12	1,0	2	1,0
Висока	> 8	> 10	> 12	0,8	0,8-1	0,7-0,9

Потреба культури в поживних речовинах, кг:

$$Н_N = В_N \cdot К_В = 40 \cdot 6 \cdot 1 = 240;$$

$$Н_{P_2O_5} = В_{P_2O_5} \cdot К_В = 40 \cdot 1 \cdot 2 = 80;$$

$$Н_{K_2O} = В_{K_2O} \cdot К_В = 40 \cdot 6 \cdot 0,7 = 168.$$

Вміст поживних елементів у стічних водах, мг/л:

$N_{заг}$ = 40, P_2O_5 = 10, K_2O = 36.

Норма зрошення - 3000 $м^3$/га.

Надходження поживних елементів зі стічною водою, кг/га:

$N_{заг}$ = 120, P_2O_5 = 30, K_2O=108.

Потрібно внести з мінеральними добривами, кг/га:

$N_{заг}$ = 240-120 = 120, P_2O_5 = 80-30 = 50, K_2O = 168-108 = 60.

ДОДАТОК 7

Приклад розрахунку допустимої концентрації мікроелементів у воді для зрошення

Розрахунок допустимої концентрації мікроелементів у воді для зрошення проводиться за формулою:

$$C_{ме} = \frac{ГДК_В \cdot ЕТ}{J}, \text{ де} \quad (5)$$

$C_{ме}$ – допустима концентрація мікроелементів у воді для зрошення, мг/л;

ЕТ - евапотранспірація (транспірація рослин та випаровування з поверхні ґрунту), мм;

J – середньозважена за сівозміною норма зрошення нетто, мм;

$ГДК_в$ – граничнодопустима концентрація мікроелементу для води побутово-питного водокористування, мг/л (Додаток 8).

За умови, коли ЕТ=630 мм, J=320 мм, $ГДК_в$ кобальту - 0,1, міді - 1,0 і фтору - 1,5 мг/л, допустима концентрація у воді для зрошення складає, мг/л:

$$C_{Co} = \frac{0{,}1 \cdot 630}{320} = 0{,}2;$$

$$C_{Cu} = \frac{1 \cdot 630}{320} = 2{,}0;$$

$$C_F = \frac{1{,}5 \cdot 630}{320} = 3{,}0.$$

ДОДАТОК 8

Граничнодопустимі концентрації мікроелементів для води господарчо-питного водокористування

Мікроелементи	ГДК$_в$, мг/л
Барій Ba	0,1
Берилій Be	0,0002
Бор B	0,5
Бром Br	0,1
Ванадій V	0,1
Вісмут Bi	0,1
Вольфрам W	0,05
Кадмій Cd	0,001
Кобальт Co	0,1
Літій Li	0,3
Мідь cu	1,0
Молібден Mo	0,25
Миш'як As	0,05
Нікель Ni	0,1
Олово Sn	0,1
Ртуть Hg	0,0005
Свинець Pb	0,03
Селен Se	0,01
Стронцій Sr	7,0
Фтор F	1,5
Хром Cr	0,5
Цинк Zn	1,0

ДОДАТОК 9

ГДК вмісту важких металів в ґрунті, затверджені Міністерством охорони здоров'я СРСР, № 6229-91 та
Орієнтовно допустимі концентрації їх у грантах з різними фізико-хімічними властивостями, затверджені Держсанепіднаглядом РФ, ГН 2.1.7.020-94

№ з/п	Найменування речовини	Величина ГДК (мг/кг) ґрунту з врахування фону (кларк)	Лімітуючий показник шкідливості
1	2	3	4
Гранично допустимі концентрації (ГДК) *Валовий вміст*			
1.	Ванадій	150,0	Загально-санітарний
2.	Ванадій + марганець	100,0+1000,0	Загально-санітарний
3.	Миш'як	2,0	Транслокаційний
4.	Ртуть	2,1	Транслокаційний
5.	Свинець	32,0	Загально-санітарний
6.	Свинець + ртуть	120,0 + 1,0	Транслокаційний
7.	Сурма	4,5	Повітряно-міграційний
Рухома форма			
1.	Кобальт[1]	5,0	Загально-санітарний
2.	• Марганець, екстрагований 0,1 N H_2SO_4: - Чорноземи - Дерново-підзолисті ґрунти: pH 4,0 pH 5,1-6,0 pH > 6,0 • Марганець, екстрагований ацетатно-амонійним буферним розчином з pH 4,8 - Чорноземи - Дерново-підзолисті ґрунти: pH 4,0 pH 5,1-6,0 pH > 6,0	 700,0 300,0 400,0 500,0 140,0 60,0 80,0 100,0	 Загально-санітарний Загально-санітарний Загально-санітарний Загально-санітарний Загально-санітарний Загально-

			санітарний Загально- санітарний Загально- санітарний
3.	Мідь[2]	3,0	Загально- санітарний
4.	Нікель[2]	4,0	Загально- санітарний
5.	Свинець[2]	6,0	Загально- санітарний
6.	Цинк[2]	23,0	Транслокаційний
7.	Фтор[2]	2,0	Транслокаційний
8.	Хром[2]	6,0	Загально- санітарний
Водорозчинна форма			
1.	Фтор[3]	10,0	Транслокаційний
1	2	3	4
Орієнтовно допустимі концентрації (ОДК) *Валовий вміст, мг/кг*			
1.	Нікель: - Піщані та супіщані - Кислі суглинисті та глинисті: з pH < 5,5 з pH > 5,5	 20,0 40,0 80,0	 Загально- санітарний Загально- санітарний Загально- санітарний
2.	Мідь: - Піщані та супіщані - Кислі суглинисті та глинисті: з pH < 5,5 з pH > 5,5	 33,0 66,0 132,0	 Загально- санітарний Загально- санітарний Загально- санітарний
3.	Цинк: - Піщані та супіщані - Кислі суглинисті та глинисті: з pH < 5,5 з pH > 5,5	 55,0 110,0 220,0	 Транслокаційний Транслокаційний Транслокаційний
4.	Миш'як: - Піщані та супіщані - Кислі суглинисті та глинисті: з pH < 5,5 з pH > 5,5	 2,0 5,0 10,0	 Транслокаційний Транслокаційний Транслокаційний
5.	Кадмій: - Піщані та супіщані	 0,5	 Транслокаційний

	- Кислі суглинисті та глинисті: з pH < 5,5 з pH > 5,5	 1,0 2,0	 Транслокаційний Транслокаційний
6.	Свинець: - Піщані та супіщані - Кислі суглинисті та глинисті: з pH < 5,5 з pH > 5,5	 32,0 65,0 130,0	 Загально-санітарний Загально-санітарний Загально-санітарний

Примітка:

1 – Рухома форма кобальту екстрагується із ґрунту ацетатно-натрієвим буферним розчином з pH 3,5 із сіроземів та ацетатно-амонійним буферним розчином з pH 4,8 для решти типів ґрунтів.

2 – Рухома форма елементу екстрагується із ґрунту ацетатно-амонійним буферним розчином з pH 4,8.

3 - Рухома форма фтору екстрагується із ґрунту з pH<6,5 0,006 M HCl, з pH>6,5- 0,03 M K_2SO_4.

ДОДАТОК 10

Методика біотестування шляхом пророщування насіння

30 або 50 штук насіння редису червоного круглого з білим кінчиком або білої гірчиці (Sinapis alba) вкладають рівномірно на фільтрувальний папір у чашку Петрі діаметром 10 см (Зведена доповідь країн-членів РЕВ з теми 7.03.05, Будапешт, 1975, с. 2-4).

У кожну чашку Петрі наливають по 5 мл досліджуваної та чистої води. Повторність – 4-8-кратна. Рівень рідини у чашках повинен бути нижче поверхні насіння. Чашки покривають і поміщають в термостат при 20°С. Якщо термостат відсутній, експеримент можливий у кімнатних умовах, але тоді внаслідок коливання температури буде утруднено співставлення результатів, що проводяться у різний час.

Перед використанням чашки Петрі необхідно стерилізувати в автоклаві при 2 атм протягом 10 хв. або у киплячій воді 30 хв.

Експеримент закінчується через 72 години. Вимірюють довжину корінців, виключаючи із ряду даних п’ять найменших значень, включаючи і не проросли насінини.

Якщо, у порівнянні з контрольними, насінини у воді, яка досліджується, взагалі не проросли, або ж довжина корінців у відсотках від контролю нижча на 70, то вода непридатна для зрошення. Поріг 70% обґрунтовується тим, що ґрунт, завдяки сорбційній здатності, знижує інгібіруючу дію досліджуваної води.

Якщо довжина корінців у досліді більша 120% від контролю припускається, що вода має стимулюючі властивості.

Примітка: Тест на пророщування насіння можна поводити і з насінням інших рослин, та, в першу чергу, рослин, які планується вирощувати при зрошенні.

ДОДАТОК 11

Приклад розрахунку можливого ступеня контамінації збудниками паразитозів при зрошенні, удобренні ґрунтів стічними водами та їх осадами (методика розроблена проф., д.в.н. Черепановим А.А. (ВІГІС))

Термін «контамінація» тут означає наявність у об'єктах навколишнього середовища (стічних водах, їх осадах, ґрунті, рослинах, воді різних водойм) збудників інвазійних хвороб (на відміну від понять забруднення, обсіменіння, інвазії, зараження, що не відповідають вказаному вище змісту).

Контроль якості стічних вод та їх осадів за показником контамінації здійснюють за загальноприйнятими методиками, а розрахунок кількості збудників у одиниці об'єму маси за формулою:

$$ІК = П \cdot 1000 \cdot У, \text{де}$$

ІК – показник інтенсивності контамінації (кількість збудників кожного виду в одиниці об'єму маси), екз./л, м^3;

П – кількість збудників паразитозів, екз./л, г, см^3, м^3;

1000 – розрахункова одиниця об'єму маси певної вологості, л, г, см^3, м^3;

У – об'єм маси, в якій визначають кількість та якість збудників паразитозів, л, м^3.

Приклад розрахунку. Якщо в 1 л стоків міститься в середньому 05 екз. збудників паразитозів одного виду, то в 1 м^3 стоків – 500 екз.

Розрахунок можливого ступеня контамінації збудниками паразитозів, що містяться в стічних водах або в осадах при їх подачі на сільськогосподарські угіддя, в тому числі під кормові культури, проводить за формулою:

$$ІК = \frac{Д \cdot П}{1000}, \text{де:} \qquad (6)$$

ІК – інтенсивність контамінації об'єктів середовища (зокрема, ґрунту) збудниками паразитозів, екз./м^2 площі;

П – кількість збудників паразитозів в одиниці об'єму стоків, їх осадів, екз./л (м^3),

Д – доза внесених на поля стоків або їх осадів даної вологості з врахуванням кратності внесення, м^3 т/га;

1000 – площа (1 га, м^2).

П=500 екз/м^3, Д=300 м^3/га:

$$ІК = \frac{300 \cdot 500}{1000} = 15.$$

Це означає, що розрахункова кількість збудників паразитарних хвороб, що надходять зі стічними водами на поля, складає в середньому по 15 екз./м^2 площі. Норми, дози, строки і кратність внесення стічних вод та їх осадів на земельні угіддя визначаються агротехнічними та санітарними правилами.

ДОДАТОК 12

Гранично допустимий рівень вмісту нітратів і нітритів в кормах для сільськогосподарських тварин[1]

Вид корму або сировини	мг/кг сирого продукту	
	Нітрати (у вигляді NO_3^-)	Нітрити (у вигляді NO_2^-)
Комбікорми для великого та дрібної рогатої худоби, свиней, птиці	500	100
Зернофураж і продукти переробки зерна	300	10
Макуха, шріт	450	10
Сировина тваринного походження (м'ясо-кісткове, рибне борошно, сухе молоко)	250	10
Дріжджі кормові, гідролізні (БВК)	300	10
Трав'яне борошно	2000	10
Хвойне борошно	1000	10
Меляса	1500	10
Жом буряковий, сухий	800	10
Грубий корм (сіно, солома)	1000	10
Зелений корм	500	10
Силос (сінаж)	500	10
Буряк кормовий	2000	10
Картопля	300	10

[1] Методические указания по диагностике, профилактике и лечению отравлений сельскохозяйственных животных нитратами и нитритами, утвержденные Главветуправлением СССР 28.03.91, а также Указания Главветуправления Минсельхоза России от 07.05.92 N 22-7/27

ДОДАТОК 13

Нормативні вимоги[1] до осадів стічних вод та методи визначення їх складу

Показник	Норма	Метод
Вологість, %, не більше	82	ГОСТ 26713-86
Органічна речовина, % в розрахунку на сухий продукт, не менше	20	ГОСТ 26714-85
Кислотність, pH_{KCl}	5,5-8,5	Встановлена технічна документація
Валовий вміст		
Свинець (Pb), мг/кг, не більше	1000	Атомно-абсорбційний метод
Миш'як (As), мг/кг, не більше	20	Атомно-абсорбційний метод
Ртуть (Hg), мг/кг, не більше	15	Атомно-абсорбційний метод
Кадмій (Cd), мг/кг, не більше	30	Атомно-абсорбційний метод
Нікель (Ni), мг/кг, не більше	400	Атомно-абсорбційний метод
Хром (Cr^{3+}) , мг/кг, не більше	1200	Атомно-абсорбційний метод
Марганець (Mn), мг/кг, не більше	2000	Атомно-абсорбційний метод
Цинк (Zn), мг/кг, не більше	4000	Атомно-абсорбційний метод
Мідь (Cu), мг/кг, не більше	1500	Атомно-абсорбційний метод
Колі-титр, гг, не менше	0,01	Оценочные показатели санитарного состояния почвы населенных мест N 173/9-77, М., 1977.
Яйця гельмінтів (життєздатні), шт.	0	Оценочные показатели санитарного состояния почвы населенных мест N 173/9-77, М., 1977.
Патогенні ентеробактерії клітин (за епідемпоказниками)	0	Оценочные показатели санитарного состояния почвы населенных мест N 173/9-77, М., 1977.

[1] Погоджені з Мінздравом СРСР та Міністерством житлово-комунального господарства РСФСР, 1988 р.

ДОДАТОК 14

Хімічний склад осадів стічних вод (в перерахунку на суху речовину)

Показники	м. Москва (Кур'янівська станція аерації)	м. Санкт-Петербург (Пушкінська станція аерації)	м. Санкт-Петербург (Станція аерації)	м. Сочі (після міських очисних споруд)	м. Щокіно Тульської обл. (очисні споруди АТ Щокіноазот)
Вологість, %	70,0	-	-	89,0	44,0
Органічна речовина, %	45,0	74,0	56,0	-	49,0
pH (KCl), одиниці	7,0	-	-	7,2	-
Азот загальний, %	1,5	4,3	2,0	3,4	3,0
P_2O_5, %	4,5	2,4	12	19	4,4
K_2O, %	0,7	0,4	0,4	0,3	0,4
Ca, %	3,7	0,5	0,2	2,3	_
Zn, мг/кг	5000,0	960,0	1671,0	1669,0	52,0
Cd, мг/кг	50,0	26,0	7,0	6,0	0,9
Ni, мг/кг	400,0	130,0	33,0	100,0	10,0
Cr, мг/кг	4200,0	260,0	-	-	2,5
Pb, мг/кг	360,0	52,0	57,0	70,0	-
Cu, мг/кг	1100,0	445,0	97,0 276,0	406,0	3,0
Mn, мг/кг	520,0	825,0	-	760,0	-

Список використаної спеціальної літератури із застосування осадів стічних вод та їх хімічного складу

1. Применение обработанных химическими реагентами осадков городских сточных вод в качестве удобрения. Владимир, 1986. - 31 с.

2. Рекомендации по использованию осадков городских сточных вод в земельном строительстве и сельском хозяйстве. Ленинград, 1987. - 29 с.

3. Рекомендации по использованию сброженного осадка сточных вод южной части города Волгограда в качестве органических удобрений. М., 1984. - 12 с.

4. Касатиков В.А. Использование осадка сточных вод и компостов из твердых бытовых отходов //Химизация сельского хозяйства. - 1989. – N 11. - С.39.

5. Овцов Л.П., В.В.Игнатова, Элик Э.Е. Сельскохозяйственное использование сточных вод: Справочник. М.: Росагропромиздат, 1989.

ДОДАТОК 15

Методики з визначення хімічних речовин стічних вод, що застосовуються для зрошення

Показник	Номер міжнародного стандарту	Найменування методики	Література
Азот амонійний	ISO 5664	Перегонка з водяним паром та титрування	[1], с. 138-146
Азот загальний	ISO 11905	Спалювання та фотометричне визначення	РД 11.02.4-85
БСК	ISO 5815	Стандартний метод	РД 52.04.74-89
Зважені речовини		Гравіметричне визначення	РД 118.02.7-88
Гідрокарбонати		Зворотне титрування	РД 52.24.61-88
Залізо	ISO 6332	Атомно-абсорбційне визначення	РД 52.24.36-87
Калій	ISO 9961	Полум'яно-фотометричне визначення	[1], с. 353-355 РД 52.24.56-88
Кальцій	ISO 6056	Титриметричне визначення з трилоном Б	[1], с. 356-363 РД 52.24.56-88
Кобальт	ISO 8288	Атомно-абсорбційне визначення	[5], с. 66-69
Магній		Атомно-абсорбційне визначення	[1], с. 453-457
Марганець		Атомно-абсорбційне визначення	[5], с. 73-75
Мідь	ISO 8288	Атомно-абсорбційне визначення	РД 52.24.81-89
Натрій	ISO 9964-3	Полум'яно-фотометричне визначення	[1], с. 533-537 РД 52.24.43-87
Нафтопродукти	ISO 9377	Хроматографічне визначення	[1], с. 550-556 [3], с. 350-359
Нікель	ISO 8288	Атомно-абсорбційне визначення	[5], с. 94-97
Нітрати	ISO 7898-3	Фотометрично з саліциловою кислотою	РД 118.02.2-90
Нітрити		Фотометрично з реактивом Грісса	ГОСТ 18826-73
pH	ISO 10523	Електрометричне визначення	[1], с. 251-255

Сульфати	ISO 9280	Гравіметричне визначення	[3], с. 118-121 [1], с. 893-896
Сухий залишок		Гравіметричне визначення	ГОСТ 18164-72
Фосфор загальний		Спалювання та фотометричне визначення	РД 52.24.39-82 РД 118.02.3-83
Хлориди	ISO 9297	Аргентометричне визначення	[1], с.118-1121
ХСК	ISO 6060	Титриметричне визначення	РД 52.24.75-88 РД 118.02.1-85
Хром		Атомно-абсорбційне визначення	[5], с. 118-119
Цинк	ISO	Атомно-абсорбційне визначення	[2], с. 22-24

Список літератури

1. Унифицированные методики исследования качества вод. Ч.1. М., СЭВ, 1987.

2. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М., Химия, 1984.

3. Руководство по химическому анализу поверхностных сточных вод. Л., Гидрометеоиздат, 1977.

4. Унифицированные методики анализа вод /Под ред. Ю.Ю.Лурье. М., Химия, 1973.

5. Унифицированные методики исследования качества воды. Ч.1. Т.2. М., СЭВ, 1983.

ДОДАТОК 16

Тимчасовий максимально-допустимий рівень (МДР) деяких хімічних елементів у кормах для сільськогосподарських тварин, мг/кг корма[6]

Хімічний елемент	Комбікорми					Зерно і зернофураж	Грубі та соковиті корми	Коренеплоди та бульбоплоди
	Свині	Птиця		Велика та дрібна рогата худоба				
		відго-дівельна	несуча	відго-дівельний	молочний			
Ртуть	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05
Кадмій	0,4	0,4	0,30	0,4	0,30	0,3	0,30	0,30
Свинець	3,0	5,0	3,00	5,0	3,00	5,0	5,00	5,00
Миш'як	1,0	1,0	0,50	1,0	0,50	0,5	0,50	0,50
Мідь	80,0	80,0	80,00	30,0	30,00	30,0	30,00	30,00
Цинк	100,0	100,0	50,00	100,0	50,00	50,0	50,00	100,00
Залізо	200,0	200,0	100,00	200,0	100,00	100,0	100,00	100,00
Сурма	1,0	1,0	0,50	1,0	0,50	0,5	0,50	0,50
Нікель	3,0	3,0	1,00	3,0	1,00	1,0	3,00	3,00
Селен	1,0	1,0	0,50	1,0	0,50	0,5	1,00	1,00
Хром	1,0	1,0	0,50	1,0	0,50	0,5	0,50	0,50
Фтор	50,0	50,0	20,00	20,0	10,00	10,0	20,00	20,00
Йод	5,0	5,0	2,00	5,0	2,00	2,0	2,00	5,00
Молібден	3,0	3,0	2,00	3,0	2,00	2,0	2,00	2,00
Кобальт	2,0	3,0	2,00	3,0	2,00	1,0	1,00	2,00

[1] Уточнюються у кожному конкретному випадку залежно від якості стічних вод; їхньої підготовки, режиму зрошення, вирощуваних культур, термінів збери рання врожаю та способу його використання, площі СПЗ.

[2] Визначення патогенних мікроорганізмів проводиться за епідеміологічними показниками.

[3] Токсичні солі, сума яких складає 12,9 мг-екв/л.

[4] Методические указания по диагностике, профилактике и лечению отравлений сельскохозяйственных животных нитратами и нитритами, утвержденные Главветуправлением СССР 28.03.91, а также Указания Главветуправления Минсельхоза России от 07.05.92 N 22-7/27.

[5] Погоджені з Мінздравом СРСР та Міністерством житлово-комунального господарства РСФСР, 1988 р.

[6] Затверджений Головним управлінням ветеринарії Держагропрому СРСР 07.08.87.

Наукове видання

**СЛОБОДЯНИК М.С., ЧЕБОТЬКО К.О.,
ВОЙТЕНКО Л.В., КОПІЛЕВИЧ В.А.,
ЖИРНОВ В.В., КОСМАТИЙ В.В.**

БІОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ:
ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

Підписано до друку 09.12.2015 р. Формат 60х84/16. Папір офсет.
Гарнітура Times Ум. др. арк. 12,09. Обл.-вид. арк. 9,25
Тираж 300 прим. Зам. №1124

Видавець і виготовлювач ПП Лисенко М.М.
16600, м. Ніжин Чернігівської області,
вул. Шевченка, 20
Тел.: (04631) 9-09-95; (067) 4412124
E-mail: milanik@land.ru
http://vidavec-lisenko.wix.com/milanik

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 2776 від 26.02.2007 р.

View publication stats