

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.3.4>

УДК 628.477:  
658.567.1

КОРНІЄНКО І. М., ЯСТРЕМСЬКА Л. С., КУЗНЄЦОВА О. О.,  
БАРАНОВСЬКИЙ М. М., ВІЗЕР А. К.

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

## БІОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ – ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНСЬКІ ПРАКТИКИ

**Мета.** Проаналізувати особливості дотримання Директиви 2008/98/ЄС Європейського Парламенту і Ради щодо поводження із сільськогосподарськими відходами в Україні та виявити основні проблемні питання щодо реалізації європейського курсу біоконверсії органічних відходів із застосуванням сучасних ЕМ-технологій, враховуючи особливості агропромислового комплексу України.

**Методика.** Аналіз діючих нормативно-правових актів щодо поводження із відходами та літературних джерел відносно сучасних біотехнологій їх переробки.

**Результати.** Виконано аналіз особливостей реалізації положень Директиви 2008/98/ЄС щодо поводження із сільськогосподарськими відходами в країнах ЄС та Україні; зазначено проблематичні питання, які призводять до укладення її виконання; проаналізовано державні програми та плани, направлені на поширення сучасних біотехнологій переробки органічних (сільськогосподарських) відходів, які враховують особливості агропромислового комплексу України, надано рекомендації щодо ефективності використання ЕМ-технологій в практиці переробки органічних відходів.

**Наукова новизна.** Сформульовано проблемні питання, які перешкоджають реалізації положень Директиви 2008/98/ЄС в Україні щодо поводження із органічними відходами у повній мірі, обґрунтовано біотехнологічний підхід щодо біоконверсії органічних відходів з урахуванням положень циркуляційної економіки.

**Практична значимість.** Дотримання основних принципів Директиви 2008/98/ЄС дозволило окреслити проблематичні питання щодо європейського курсу України в напрямку переробки та утилізації сільськогосподарських відходів; з'ясувати основні положення циркулярної економіки щодо ефективності впровадження сучасних біотехнологічних рішень по використанню ЕМ-технологій, які направлені на одночасне отримання біодобрива та біогазу. Представлені приклади когенераційних біогазових технологій із отриманням дигістату та біометану ферми «Līgo» Яніса Вінтера в Латвії які успішно реалізують практичний європейський досвід та приклад щодо ефективності використання ЕМ-технологій в практиці переробки овочевих відходів-картопляних, бурякових та морквяних в Україні.

**Ключові слова:** Директива ЄС 2008/98/ЄС; сільськогосподарські відходи; біоенергетика; біоконверсія; біомаса; сучасні біотехнології.

**Вступ.** Україна володіє розвинутим аграрним комплексом, діяльність якого супроводжується із щорічним накопиченням органічних відходів: кількість первинних (солома сільськогосподарських культур) становить 2128,4 тонн, вторинних (овочеві відходи, лушпиння соняшника, рису, жоми) – 25,1 тонн (за даними державної служби статистики України). Нажаль, серед перелічених органічних відходів, переробці підлягає лише 3,2% від загальної кількості [1]. У світі органічні відходи (біомасу) використовують у твердому вигляді (біодобрива), шляхом безпосереднього спалювання (тюки соломи, дрова, тріска, гранули та брикети з біомаси), чи перетворюють і використовують у рідкому (біодизель, біоетанол) чи газоподібному (біогаз, біоводень, біометан) стані.

За даними ООН, під час моніторингу кількості накопичених відходів у 152 країнах світу, зафіксовано порчу продуктів харчування під час їх зберігання та транспортування, а саме встановлено їх втрати: 47% коренеплодів, 44% фруктів, 28% овочів, 23% зернових та бобових культур та 12% молочних продуктів. Разом із цим, у світі відзначається нестача продуктів, фіксується виснаження ґрунтів внаслідок використання мінеральних добрив та пестицидів,

різко знижується кількість енергоресурсів, що підтверджує актуальність зазначеної проблеми, котра потребує негайного вирішення [2].

Оскільки Україна із 27.06.22 року набула статусу члена в кандидати ЄС [3], держава повинна виконати певні зобов'язання щодо прийняття технічних стандартів і нормативно-правових норм законодавчої бази відносно поводження із відходами та методів їх переробки, котрі будуть направлені на отримання відновлювальних джерел енергії та біодобрива шляхом біоконверсії органічних біомас із використанням сучасних біотехнологій.

**Постановка завдання.** Метою роботи є аналіз особливості дотримання Директиви Європейського Союзу 2008/98/ЄС [4] щодо поводження із органічними відходами в Україні та виявлення основних проблемних питань щодо реалізації європейського курсу біоконверсії органічних відходів із застосуванням сучасних ЕМ-технологій (технологій ефективних мікроорганізмів), враховуючи особливості агропромислового комплексу України.

Слід зауважити, що існує низка невирішених завдань в сфері поводження із органічними відходами, які потребують аналізу та усунення найближчим часом, а саме:

- нечіткість правових приписів щодо поводження із органічними відходами;
- відокремленість принципів та правил циркуляційної економіки від сучасних біотехнологій процесу переробки відходів;
- вибір перспективного способу переробки органічних відходів, котрий є універсальним та адаптованим до сучасних умов України.

**Результати досліджень.** Враховуючи не адаптованість нормативно-правової бази України щодо поводження із органічними відходами європейським правовим нормам, необхідно ввести зміни щодо правого регулювання відходами на Україні, враховуючи європейське законодавство [4] та провідні практики, котрі необхідно адаптувати до українського законодавства [5–11].

Саме удосконалення правових засад в Україні щодо поводження з відходами упередять негативний вплив на навколишнє природне середовище та допоможуть вирішити питання щодо мотивації відносно поширення зелених технологій в Україні. Відповідно до чинного законодавства України (ст. № 1 закону України про відходи від 5 березня 1998 року 187/97-ВР) [5] проведено паралель щодо уніфікації правового режиму відносно усіх видів відходів, не враховуючи їх категорії небезпеки, хоча, більш доцільним є використання окремих правових режимів для кожної категорії відходів. Тому, існуючий закон [5] виглядає більш декларативним і недієвим. Оскільки, враховуючи зміст європейської Директиви щодо поводження із відходами [4], в якій відмічається класифікація відходів та певні зобов'язання, за українським правовим законодавством відсутня можливість правого регулювання даного питання (прийнятий ЗУ №2207-1-д від 20.06.2022 ще не вступив в дію), що ускладнює ефективність впровадження європейських норм та стандартів відносно переробки відходів на території України. Тобто, згідно диференціації відходів, враховуючи правові аспекти, можна визначитися із необхідними методами їх переробки або утилізації, враховуючи природу їх походження, екологічну та санітарну небезпеку та можливість подальшого використання [6–8].

Враховуючи вище згадане, для врегулювання даної ситуації кабінетом міністрів України від 20 лютого 2019 р. № 117-р було розроблено Національний план управління відходами [9] в рамках реалізації положень Національної стратегії управління сільськогосподарськими відходами (додаток 5) [10], а 20 червня 2022 р. прийнято Закон України №2207-1-д «Про управління відходами» [11] в якій використано Європейські тенденції вирішення поставленого питання з урахуванням європейського законодавства. Прийняття цього закону – це перша реальна можливість запровадити європейський підхід управління відходами за весь час незалежності України.

В Європейському Союзі дане питання визначається Директивою Європейського Парламенту і Ради 2008/98/ЕС «Про відходи та про скасування деяких директив» [4] і передбачає наступні основні положення:

- зниження кількості відходів завдяки впровадженню сучасних технологій виробництва;
- переробка та повторне використання відходів, перевага надається безвідходним технологіям.

Директиви ЄС щодо поводження із відходами поширюються на країни, які є членами ЄС та передбачають введення в дію законодавчих положень щодо збору, переробки відходів, їх подальшого використання (за можливістю) або їх знищення в рамках діючого законодавства. Україна, підтримуючи Європейські принципи, має невідкладну необхідність у реалізації положень, які висвітлено у нещодавно прийнятому законі №2207-1-д «Про управління відходами», котрий було сформовано згідно Директиви 2008/98/ЕС [9].

В рамках підтримки Європейського курсу щодо переробки відходів з урахування їх виду та рівня небезпеки на державному та законодавчому рівнях, нещодавно прийнятий Закон України «Про управління відходами» [11], демонструє перш за все ще й економічну складову в рамках циркуляційної економіки, котра передбачає стимулювання поширення зелених біотехнологій відносно переробки органічних біомас в біодобриво та біогаз. Україна разом із багатьма країнами світу приєдналася до виконання договору щодо участі в Енергетичному співтоваристві (підписано протокол від 24.09.2010 р. у Скоп'є – Македонія), який є ратифікований Законом України № 2787-VI від 15.12.2010 р. [12]. Цей протокол про приєднання нашої держави до енергетичного співтовариства, тому існує необхідність враховувати зміни в українському законодавстві, оскільки даний документ містить чіткий перелік нормативно-правових актів, які стосуються сфер виробництва енергії; про поширення використання відновлювальних джерел енергії, які є особливо актуальними в теперішній час для нашої держави; розглянуто умови стосовно транспорту газу, електроенергії та стану навколишнього середовища [12].

В рамках сформованих цілей на Україні, починаючи із 2012 по 2020 роки, кількість енергії, отриманої із відновлювальних джерел енергії зросла із 5,5% до 11%, що відповідає 5250 МВт та 11850 МВт для даного періоду часу (за даними центру Разумкова) [13]. Під час розробки проекту оновленої енергетичної стратегії до 2030 року необхідно було враховувати зобов'язання України, які прийняті в рамках Договору про заснування Енергетичного співтовариства, тому, наразі актуальним є проведення наукових досліджень стосовно пошуку нових енергоефективних та екологічно чистих технологій переробки відходів [13].

Враховуючи актуальність поставленого питання, наразі відчувається необхідність у посиленні державної політики щодо стимулювання напрямку управління органічними відходами, зокрема їх переробки, а саме: розробка сучасних ЕМ-технологій із використанням активних штамів мікроорганізмів-деструкторів, роль яких полягає у активації процесів біоконверсії органічних відходів у біодобриво та біогаз, спираючись на наукові дослідження, враховуючи наявність на ринку ЕМ-препаратів (ефективних мікробних препаратів) власного виробництва.

В рамках державної політики та Національної стратегії щодо поводження із органічними відходами передбачено правовий екологічний контроль в сільськогосподарському секторі, котрий відповідає за наступні положення [10]:

- поводження із сільськогосподарськими відходами;
- управління пестицидами і агрохімікатами;
- керування сільськогосподарським сектором в надзвичайних ситуаціях;
- використання сучасних біотехнологій.

Якщо розглядати сільськогосподарські відходи в рамках сучасної циркуляційної економіки, яка передбачає вивчення питань щодо відновлення ресурсів, рециклінгу відходів і розробки технологій, які пов'язані із відновлювальними джерелами енергії, тоді використання біотехнологій переробки відходів буде мати найнижчий термін окупності та економічну доцільність. Головною метою такої економіки є замикання циклу, тобто збільшення потоку ресурсів, спрямованих на ресурсний цикл зниження кількості відходів, а в кращому випадку – впровадження безвідходних технологій. Європейським Союзом затверджено нормативно-правові документи для успішної реалізації циркуляційної економіки, яка вирішує питання покращення стану навколишнього середовища та впровадженню екологічно чистих технологій. Такий тип «кругової» економіки базується на наступних основних положеннях [14]:

- зовнішній вигляд продукту, привабливість упаковки;
- технологічні процеси, які пов'язані із виробництвом продукту;
- управління відходами;
- замкнений цикл відходи-ресурси.

Циркуляційна економіка розглядає питання не тільки економічної доцільності технологічних рішень, але враховує екологічні вигоди та безпеку діяльності підприємств в правовому та екологічному полі [15].

Головним аспектом в рамках циркуляційної економіки в країнах ЄС сьогодення можна вважати створення додаткових робочих місць завдяки впровадженню засобів переробки відходів. За сучасними критеріями в країнах ЄС (32 критерії) створено у секторі «біомаса та продукти харчування» принцип циркулярності для приватного сектору, в якому завдяки поширенню ЕМ-технологій можлива переробка харчових та сільськогосподарських відходів у біодобриво та біогаз [15,16].

Україна, обираючи європейський курс, приєднується до виконання норм Директиви 2008/98/ЄС про відходи, тому проводить низку реформ в нормативно-правовій сфері. Основними цілями для України в рамках циркулярної економіки [14] вважаються такі принципи:

- запобігання відходів;
- повторне використання відходів;
- рециклінг відходів, отримання компосту із рослинних відходів;
- впровадження технологій із відновлювальної енергетики.

Враховуючи вище наведені принципи циркуляційної економіки можна зробити висновок, що головним пріоритетом в країнах ЄС можна вважати впровадження безвідходних технологій, котрі усувають негативний вплив на стан довкілля та здоров'я людини.

Якщо проаналізувати Директиву 2008/98/ЄС [4] про поводження із відходами, яка враховує інтереси циркуляційної економіки, можна виділити основні положення, які стосуються упередженню їх накопичення:

- мотивація та підтримка виробництва із безвідходними технологіями;
- стимулювання екологічного дизайну пакувальних матеріалів;
- енерго- та ресурсозберігаючі технології (вторинне використання матеріалів, ремонт обладнання та машин);
- спонукання власників підприємств брудних технологій до рециклінгу або переробки відходів із попереднім їх сортуванням, по можливості, вторинного використання відходів або продуктів їх переробки;
- мінімізація кількості відходів, котрі є не придатними до вторинного використання;
- управління відходами та впровадження сучасних маловідходних технологій;
- зменшення відходів у домогосподарствах, шляхом запровадження біотехнологій переробки харчових та сільськогосподарських відходів, котрі є доступними для кожної людини в побуті;

▪ інформаційна обізнаність населення про сучасні біотехнології переробки відходів або мінімізації їх кількості.

Отже, аналізуючи вище згадане, можна стверджувати, що досягти успіху на шляху мінімізації кількості накопичення відходів в будь якій країні залежить від комунікації та співпраці виробників, споживачів та влади [17].

Нажаль, об'єми відходів агропромислового комплексу (виробництво, переробка, споживання) щорічно зростають, тому найактуальнішим питанням сьогодення можна вважати розробку та впровадження перспективних зелених біотехнологій, направлених на отримання біоорганічних добрив та відновлювальних джерел енергії [18, 19]. В межах угоди «Clean Energy Technologies and Energy Efficiency: the EU Experience», що реалізується в рамках гранту Європейського Союзу за програмою «Jean Monnet Modules Erasmus+» (Грантова угода Project 101047602 – EnergyC) [20] та обміну досвідом, проаналізовано біотехнологію переробки сільськогосподарських відходів на прикладі когенераційних біогазових технологій (рис. 1, а) на фермі «Ligo» Яніса Вінтера в Латвії, котрі працюють в автоматизованому режимі контролю та управління з використанням сучасної системи автоматизації (рис.1, б; 1, в), завдяки якій відбувається контроль за рівнем заповнення біореакторів, кількості вхідної та вихідної сировини, часу ферментації і т.д

На фермі за один цикл ферментації відбувається завантаження до 75 тонн подрібнених органічних відходів. Тривалість одного циклу мезофільної біоконверсії органічних відходів у біогаз та біодобриво становить 45-60 діб. В якості сировини використовують неліквідні або спорчені від часу зберігання овочі – моркву, буряки, картоплю та інші сільськогосподарські відходи. Відходи у вигляді протермінованих хлібобулочних виробів використовують виключно задля інтенсифікації процесу ферментації, тобто – у якості субстрату. Згідно Директиви 2008/98/ЕС, на даній фермі реалізується повний технологічний безвідходний процес виробництва: вирощування овочів у теплицях, їх заготовка, консервація та зберігання протягом року, переробка утворених відходів у біогаз та біодобриво, очищення стічних вод, які подаються на поля.

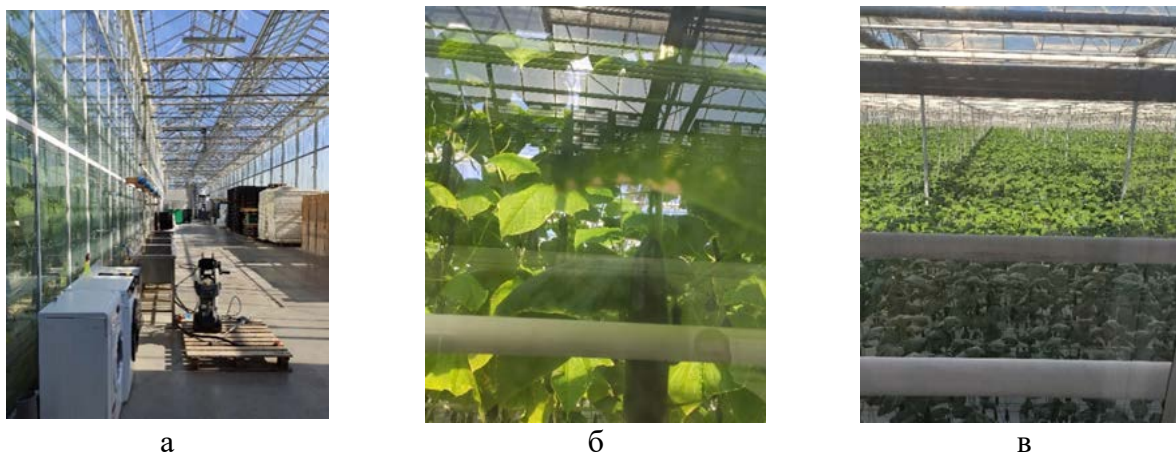
Умови протікання процесу ферментації органічних відходів відбувається при концентрації водневих іонів в діапазоні рН 6-8 та температурі 37–40°C. Вихід біометану (на прикладі розглянутої біогазової технології) становить 49–52%. Оскільки вихідний біогаз має температуру 40°C, його збирають в резервуарах під землею задля конденсації, після чого він проходить очищення від домішок сірководню та вуглекислого газу за допомогою активованого вугілля, після чого використовуються у вигляді теплової енергії для підтримки температурного оптимуму в біореакторах та теплицях, в яких вирощують овочі (рис. 2) або у вигляді нагрітої пари для потреб консервного заводу (стерилізації скляної тари, призначеної для консервації огірків та томатів, які вирощені на даній фермі).

До складу біогазової установки входять наступні апарати та елементи: біореактор-ферментер, котрий має теплоізоляційний корпус та перемішуючий пристрій, газгольдер, гідрозатор, теплообмінник, теплообмінник-пастеризатор, завантажувальна камера, ковш-дозатор, паливний котел, керамічна газова горілка, газовий лічильник, газовий кран, вогнереградильний пристрій, бак-розширювач, циркуляційний насос, трансформатор електричної напруги, шнек, розподільувач фракції, вакуумний насос, збірник для збору дигістату (біодобриво), сепаратор, бург для твердої фракції біодобрива, емкість для рідкої фракції біодобрива, транспортна машина.

Завдяки когенераційним біогазовим установкам, отриманий біогаз вдається перетворити на електроенергію внаслідок використання спеціальних когенераційних установок (рис. 3). За наданою інформацією керівництвом ферми «Ligo» Яніса Вінтера, з 450 м<sup>3</sup> біогазу, який містить 52% біометану, вдається отримати 1 МВт електроенергії. Електричну енергію дана ферма використовує для власних потреб, а надлишок – продається.



**Рис. 1. Біогазові установки, в яких відбуваються послідовні процеси ферментації:**  
*а* – біогазові установки, *б* – датчики контролю за процесом ферментації,  
*в* – пункт оператора (автоматичний контроль процесу ферментації відходів)



**Рис. 2. Загальний вигляд теплиць по вирощуванню огірків:**  
*а* – передтеплична зона, *б, в* – теплиці



**Рис. 3. Когенераційна установка: *а* – вид збоку; *б* – вид прямо**

Утворений дигістат (рис. 4) використовують в якості біодобрива на своїх полях, призначених для вирощування овочів.



а б в

**Рис. 4. Зберігання дигістату в лагунах неподалік від полів:**

*а* – лагуна для зберігання дигістату; *б* – перерозподіл дигістату за рахунок трубопроводів;  
*в* – збір твердої фракції дигістату

Утворений дигістат сепарують на рідку та тверду фракції. Рідка фракція містить 3% сухої маси, її зберігають у лагунах (рис. 4), завдяки оснащенню трубопроводами, його розподіляють між ближніми полями (в радіусі 20 км), а тверду фракцію направляють на віддалені від ферми поля. В холодну пору року (з 15 листопада по 15 березня) лагуни повинні бути повністю спустошеними. Власниками ферми проведено аналіз отриманого біодобрива на предмет вмісту біогенних елементів та мікроелементів, мг/кг: азот нітратний – 0,019; азот амонійний – 0,73; фосфор – 0,06; калій – 0,5; органічний вуглець – 1,94. Концентрація водневих іонів біодобрива (рН) становить 7,9.

На сьогоднішній день, більш ніж 90% латвійських біогазових когенераційних станцій, які дають можливість домогосподарствам та підприємцям-фермерам більш ефективно використовувати побічні продукти сільського господарства (навоз, солома, овочеві відходи та відходи продуктів харчування), дозволяють отримувати електричну енергію, завдяки підтримці та мотивації з боку керівництва Латвії та країн ЄС. Станом на сьогодні, в Латвії працюють 52 станції когенерації, потужність яких становить близько 0,83 МВт із виробництвом електричної енергії 6600 МВт/рік [21].

В Україні кількість біогазових станцій із виробництвом електричної енергії з кожним роком зростає. Так, у 2015 році налічувалося лише 12 біогазових установок із встановленою потужністю 18 МВт, у 2019 році їх кількість зросла до 46, а їх загальна потужність – до 72 МВт, а у 2020 році налічувалося 51 біогазова станція загальною потужністю 96,7 МВт (дані Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (<https://www.nerc.gov.ua/pro-nkrekp>) [22]. На кінець 2020 року кількість біогазових станцій зросла до 68 загальною потужністю 105 МВт [23]:

- 28 станцій призначені для виробництва біогазу з агросировини;
- На 9 станціях біогаз виробляється в результаті анаеробного очищення промислових стічних вод, ще на одній – з осадів господарсько-побутових стічних вод;
- 27 станцій працюють на біогазі з полігонів твердих побутових відходів (ТПВ);
- 3 станції призначені для виробництва генераторного газу (класифікуються як біогазові станції);

«Зелений» тариф на електричну енергію було встановлено 50-ти установкам, з них:

- 20 установкам на агросировині;

- 27 установкам на біогазі з полігонів ТПВ;
- 3 установкам на генераторному газі.

Електрична потужність когенераційних установок на біогазі, які працюють за «зеленим» тарифом становила 103,364 МВт [23].

Отже, в Україні зараз є багато прикладів введення у дію біогазових установок з переробки різних органічних відходів на рівні великих підприємств або залучення інвесторів [23]. Але на рівні громади селища чи міста приклади ще поодинокі. Так одним з них є станція компостування харчових та садових відходів ЛКП «Зелене місто» у м. Львів, котра почала працювати, починаючи із липня 2020 року. Максимальна річна потужність станції становить 30 000 тонн відходів, добова потужність станції до 90 т/добу. Відходи формують у бурти де відбувається процес компостування сировини упродовж 4–8 днів. Отриманий компост можна використовувати як якісне органічне добриво [24].

Спираючись на положення Директиви 2008/98/ЕС, а також на Національну стратегію поводження з відходами для України (додаток 5: Відходи сільського господарства) [10], Закон України №2207-1-д від 20.06.2022 р. «Про управління відходами» [11] технологічним рішенням даного питання можна вважати поширення сучасних біотехнологій переробки органічних відходів у біодобриво та біогаз (біоводень та біометан) із використанням ЕМ-препаратів українського виробництва. Запропоновані ЕМ-технології (технології ефективних мікроорганізмів) пристосовані до використання у домогосподарстві або на фермах. В багатьох країнах світу такі добрива вважаються альтернативою агрохімічним, їх використання направлено на відновлення детермінованих екосистем [26, 27].

Зважаючи на те, що в Україні за середньорічними показниками накопичується приблизно 25,1 тонн овочевих відходів, з яких лише 2,6 тонн переробляються, проведено власні дослідження на предмет їх біоконверсії із використанням ЕМ-препарату «Байкал-ЕМ», який призначений для процесу компостування в ЕМ-контейнерах [25] для невеличких домогосподарств або для суспільного компостування в ОСББ, також ЕМ-препарати можна використовувати на полях з метою біоконверсії сільськогосподарських відходів, які утворюються після збору врожаю. ЕМ-препарати не володіють мутагенними, тератогенними, канцерогенними та патогенними властивостями. Ці препарати місять фотосинтетичні, азотфіксуючі, молочнокислі бактерії, дріжджі, ферменти, гриби, які приникаючи до ґрунту продукують фізіологічно активні речовини, амінокислоти та нуклеїнові кислоти. На сьогоднішній день доведено безпечність препарату «Байкал-ЕМ», оскільки досліджено його ефективність використовувати в тваринництві.

Тобто, використання ЕМ-препаратів та ЕМ-технологій дозволяють вирішувати екологічні, економічні та енергетичні проблеми, які пов'язані із переробкою накопичених сільськогосподарських або органічних відходів, як в умовах домогосподарств (приватних або колективних) так і на фермах.

В рамках проведених наукових досліджень [26–29] із використанням ЕМ-технологій щодо біоконверсії органічних відходів (бурякових, морквяних та картопляних) вдалося отримати органічне біодобриво, яке за вмістом біогенних елементів (азоту та фосфору) можна порівняти із мінеральним добривом – амофос. Також, отримане біодобриво (культуральна рідина) містить корисні фізіологічно активні групи мікроорганізмів ґрунтової мікрофлори, оскільки для процесу біоконверсії було використано суміш ЕМ-препаратів («Байкал-ЕМ» та «Biovell-рост»). Як побічний продукт, в запропонованій технології отримання біоорганічного добрива, вдалося протягом 5 діб ферментації рослинних відходів отримати біоводень, кількість якого становила 41% в газовій суміші, а потім і біометан (до 50–65% за 30 діб) який виділявся протягом бродіння морквяних, картопляних та бурякових відходів [27].

Органічні добрива збагачують ґрунт поживними речовинами, поліпшують його фізичні властивості, водний і повітряний режими, зменшують шкідливу дію ґрунтової кислотності на



ріст рослин і життєдіяльність мікроорганізмів, поліпшують постачання рослин вуглекислим газом. Вони містять у своєму складі всі поживні речовини, необхідні для рослин: азот, фосфор, калій, кальцій, магній, молібден, марганець. Під впливом систематичного застосування органічних добрив поліпшуються фізичні та хімічні властивості ґрунту [16].

Враховуючи актуальність питання, яке полягає у масовому накопиченні сільськогосподарських (органічних) відходів, які на жаль, не переробляються перспективними біотехнологічними методами, використання сучасних ЕМ-технологій дозволить енергоефективно конвертувати їх у біодобриво та біоводень за 5–7 діб ферментації при температурі 30-35 °С.

Отже, використання ЕМ-технологій дозволить вирішити велике коло найактуальніших питань:

- 1) відновлення екологічного стану ґрунтів, які задіяні для агропромислових потреб;
- 2) природне відновлення біогеоценозу ґрунтів задля розширення різноманітності представників ґрунтової мікрофлори;
- 3) розробку удосконаленої безвідходної технології переробки рослинних відходів та ефективності їх використання у якості джерел органічного азоту, фосфатів, вуглецевовмісних компонентів, які є основою живлення природної ґрунтової мікрофлори [28, 29].

**Висновки:** Нажаль, болючим питанням для України залишається інтенсивність накопичення відходів, яка постійно зростає, але рівень їх переробки залишається незначним, що суперечить умовам виконання положень Директиви 2008/98/ЕС та Національної стратегії поводження з відходами для України (додаток 5: Відходи сільського господарства). Оскільки, найбільша кількість відходів підлягає складуванню на полігонах або спалюється, необхідно оновлювати нормативно-правову базу та механізми регулювання відносин в сфері біоенергетики, враховуючи європейські практики щодо стимуляції учасників процесу, а також, впроваджувати сучасні біотехнологічні методи переробки органічних відходів з метою збереження навколишнього природного середовища та здоров'я кожної людини за підтримкою науково-дослідних ініціатив та фінансування пілотних проектів в сфері біогазових технологій. Досвід розвинутих європейських країн свідчить про ефективність апробованих та впроваджених технологій енергетичного використання органічних відходів на рівні ферм, за допомогою яких відбувається 100% покриття власних енергозатрат.

Нажаль, незважаючи на еколого-економічну ефективність від впровадження сучасних біотехнологій, в Україні налічується невелика кількість впроваджених біогазових технологій, оскільки їх можуть дозволити лише ті виробники, які мають залучені інвестиції або власні фінансові ресурси. Тому, забезпечуючи бюджетну підтримку та стимулювання даних проектів державою, можна найближчим часом досягти успіху у вданому проблематичному питанні.

Враховуючи вище вказане, можна зробити висновок, що найбільш перспективним напрямком утилізації накопичених органічних відходів для України вважається їх біоконверсія із застосуванням сучасних ЕМ-технологій, які враховують принципи циркуляційної економіки, за допомогою якої вирішується комплексно проблематичні питання щодо отримання джерел відновлювальної енергетики, біоорганічних добрив на шляху покращення родючості земель за рахунок їх екологічності, також, відбувається зменшення парникового ефекту з урахуванням економічної доцільності технологічних рішень.

## References

1. Silske gospodarstvo Ukrainy-2020: Statystychnyi zbirnyk [Agriculture of Ukraine: The Statistical Yearbook]. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine, 2021. URL: [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2021/zb/09/zb\\_sg\\_20.pdf](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/09/zb_sg_20.pdf) [in Ukrainian].

## Література

1. Сільське господарство України – 2020: Статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2021. URL: [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2021/zb/09/zb\\_sg\\_20.pdf](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/09/zb_sg_20.pdf).

2. Makovetska, Yu. M. (2015). Analiz osoblyvostei utvorennia ta povodzhennia z vidkhodamy na silskykh terytoriiakh [Analysis of features of waste generation and management in rural areas]. *Efektivna ekonomika = Efficient economics*, No. 12. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4684> [in Ukrainian].
3. European Council conclusions, 23–24 June 2022. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/06/24/european-council-conclusions-23-24-june-2022/>
4. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources (2009). *Official Journal of the European Union*, L 140(52), 16–62. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>.
5. Pro vidkhody: Zakon Ukrainy vid 05.03.1998 № 187/98-VR [About waste: Law of Ukraine dated March 5, 1998 No. 187/98-VR]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy = Information of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 1998, No. 36–37, Art. 242. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text> [in Ukrainian].
6. Heletukha, H., Kucheruk, P., Matveev, Yu. (2013). Razvytye byohazovukh tekhnolohyi v Ukrainy y Hermanyy: normatyvno-pravovoe pole, sostoianye y perspektyvu [Development of biogas technologies in Ukraine and Germany: regulatory and legal field, state and prospects]. Kyiv-Gyultsov. P. 71. URL: [https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/Razvitie\\_biogazovyh\\_tekhnologiy\\_1.pdf](https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/Razvitie_biogazovyh_tekhnologiy_1.pdf) [in Ukrainian].
7. Overkovska, T. K. (2021). Pravovi zasady povodzhennia iz silskohospodarskymy vidkhodamy [Legal principles of handling agricultural waste]. *Ekolohichne pravo = Environmental law*, No. 2, P. 85–91 [in Ukrainian].
8. Krasnova, A. Yu. (2019). Pravo ekolohichnoi bezpeky: navchalnyi posibnyk [The law of environmental safety: a study guide]. Kyiv: CPU «Comprint». 238 p.
9. Pro zatverdzhennia Natsionalnoho planu upravlinnia vidkhodamy do 2030 roku: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20.02.2019 № 117-r [On approval of the National Waste Management Plan until 2030: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 117 dated February 20, 2019]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-p#Text> [in Ukrainian].
10. Natsionalna stratehiia povodzhennia z vidkhodamy dlia Ukrainy. Dodatok 5: Vidkhody silskoho hospodarstva [National waste management strategy for Ukraine. Appendix 5: Agricultural waste]. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs/dod5vidhodysilskgospodarstva.docx> [in Ukrainian].
11. Pro upravlinnia vidkhodamy: Pryiniato Zakon Ukrainy № 2207-1-d vid 20.06.2022 [On Waste Management: Law of Ukraine No. 2207-1-d vid 20.06.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text>.
2. Маковецька Ю. М. Аналіз особливостей утворення та поводження з відходами на сільських територіях. *Ефективна економіка*. 2015. № 12. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4684>.
3. European Council conclusions, 23–24 June 2022. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/06/24/european-council-conclusions-23-24-june-2022/>
4. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Official Journal of the European Union*. 2009. L 140(52). P. 16–62. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>.
5. Про відходи: Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1998. № 36–37. Ст. 242. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text>.
6. Гелетука Г., Кучерук П., Матвеев Ю. Развитие биогазовых технологий в Украине и Германии: нормативно-правовое поле, состояние и перспективы. Киев-Гюльцов, 2013. С. 71. URL: [https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/Razvitie\\_biogazovyh\\_tekhnologiy\\_1.pdf](https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/Razvitie_biogazovyh_tekhnologiy_1.pdf).
7. Оверковська Т. К. Правові засади поводження із сільськогосподарськими відходами. *Екологічне право*. 2021. № 2. С. 85–91.
8. Краснова А. Ю. Право екологічної безпеки: навчальний посібник. К.: ЦП «Компринт», 2019. 238 с.
9. Про затвердження Національного плану управління відходами до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.02.2019 № 117-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-p#Text>.
10. Національна стратегія поводження з відходами для України. Додаток 5: Відходи сільського господарства. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs/dod5vidhodysilskgospodarstva.docx>.
11. Про управління відходами: Закон України № 2207-1-д від 20.06.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text>.

- Ukraine No. 2207-1-d dated June 20, 2022]. URL: <https://www.rada.gov.ua/news/razom/224307.html> [in Ukrainian].
12. Pro ratyfikatsiiu Protokolu pro pryednannia Ukrainy do Dohovoru pro zasnuvannia Enerhetychnoho Spivtovarystva: Zakon Ukrainy № 2787-VI vid 15.12.2010 [On Ratification of the Protocol on the Accession of Ukraine to the Treaty on the Establishment of the Energy Community: Law of Ukraine No. 2787-VI of December 15, 2010]. URL: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/T102787.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T102787.html) [in Ukrainian].
13. Biliavsky, M. (2020). Oriientyry rozvytku alternatyvnoi enerhetyky Ukrainy do 2030 r. [Landmarks of the development of alternative energy of Ukraine until 2030]. Razumkov Center. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/oriientyry-rozvytku-alternatyvnoi-energetyky-ukrainy-do-2030r> [in Ukrainian].
14. Dziadykevich, Yu. V., Buriak, M. V., Rozum, R. I. (2010). Enerhetychnyi menedzhment: navchalnyi posibnyk [Energy management: study guide]. Ternopil: Economic Opinion. 295 p.
15. Prokaieva, A. (2021). Suchasne kuruvannia vidkhodamy vidpovidno do pryntsyviv tsyrkuliarnoi ekonomiky: navchalnyi posibnyk [Modern waste management according to the principles of circular economy: study guide for the ZWA deep level course]. URL: <https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/posybnic-lekciye-book-5.pdf> [in Ukrainian].
16. Barshtein, V. Yu., Krupoderova, T. A., Harmash, S. N., Pospelov, S. V., Pospelova, A. D., Nahornaia, S. V. (2016). Byokonversyia ahropromyshlennoho kompleksa: monohrafiya [Bioconversion of the agro-industrial complex: monograph]. Novosibirsk: SyBA. 88 p. [in Russian].
17. Kudri, S. O. (2020). Vidnovliuvani dzherela enerhii: monohrafiia [Renewable energy sources: monograph]. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences. 392 p.
18. Korniienko, I. M., Huliaiev, V. M., Anatskyi, A. S., Neoshyvailenko, N. O., Kuznietsova, O. O., Yastremska, L. S., Baranovskyi, M. M. (2022). Yevropeyskyi dosvid biokonversii roslinnykh vidkhodiv, perspektyvni EM-tekhnologii v Ukraini (UADU) [European experience of bioconversion of plant waste, promising EM technologies in Ukraine (UASU)]. *Prospects for the production of bio-raw materials for energy crops on reclaimed lands: materials of the International science and practice conference*. Dnipro: State Agrarian and Economic University. P. 129–132 [in Ukrainian].
19. Yastremskaya, L. S., Korniienko, I. M., Baranovsky, M. M. (2020). Conversion of vegetable waste consortium of microorganisms with obtaining bioorganic fertilizer and biogas. *Modern Science, Practice, Society: Mat. XVIII International science and practice conf.* (May 25–26). Boston, USA. P. 511–514. DOI: 10.46299/ISG.2020XVIII.
- <https://www.rada.gov.ua/news/razom/224307.html>.
12. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства: Закон України № 2787-VI від 15.12.2010. URL: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/T102787.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T102787.html).
13. Білявський М. Орієнтири розвитку альтернативної енергетики України до 2030 р. *Разумков Центр*, 2020. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/oriientyry-rozvytku-alternatyvnoi-energetyky-ukrainy-do-2030r>.
14. Дзядикевич Ю. В., Буряк М. В., Розум Р. І. Енергетичний менеджмент: навчальний посібник. Тернопіль: Економічна думка, 2010. 295 с.
15. Прокаєва А. Сучасне керування відходами відповідно до принципів циркулярної економіки: навчальний посібник курсу ZWA deep level. 2021. 140 с. URL: <https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/posybnic-lekciye-book-5.pdf>.
16. Барштейн В. Ю., Круподерова Т. А., Гармаш С. Н., Поспелов С. В., Поспелова А. Д., Нагорная С. В. Биоконверсия агропромышленного комплекса: монография. Новосибирск: СибА, 2016. 88 с.
17. Кудрі С. О. Відновлювані джерела енергії: монографія. Київ: Інститут відновлювальної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
18. Корнієнко І. М., Гуляєв В. М., Анацький А. С., Неошивайленко Н. О., Кузнєцова О. О., Ястремська Л. С., Барановський М. М. Європейський досвід біоконверсії рослинних відходів, перспективні ЕМ-технології в Україні (УАДУ). *Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях*: матеріали міжн. наук.-практ. конф. (23–24.06.2022). Дніпро: Дніпровський державний аграрно-економічний університет, 2022. С. 129–132.
19. Yastremskaya L. S., Korniienko I. M., Baranovsky M. M. Conversion of vegetable waste consortium of microorganisms with obtaining bioorganic fertilizer and biogas. *Modern Science, Practice, Society: Mat. XVIII International science and practice conf.* (May

20. Clean Energy Technologies and Energy Efficiency: the EU Experience «Jean Monnet Modules Erasmus+» Project 101047602 – EnergyC. URL: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43353764/101047602/ERASMUS2027> [in Ukrainian].
21. Pankhava, Ye. S. (2014). Bioenergetika. Mir i Rossiya. Biogaz: teoriya i praktika [Bioenergetics. World and Russia. Biogas: theory and practice]. Moscow: Rusajns. 972 p. URL: [https://bstudy.net/746705/tehnika/bioenergetika\\_mir\\_i\\_rossiya\\_biogaz](https://bstudy.net/746705/tehnika/bioenergetika_mir_i_rossiya_biogaz) [in Russian].
22. Komu належать найбільші біогазові компанії в Україні [Who owns the largest biogas companies in Ukraine]. URL: [https://biz.censor.net/resonance/3228545/komu\\_prinadlejat\\_krupneyishie\\_biogazovye\\_kompanii\\_v\\_ukraine](https://biz.censor.net/resonance/3228545/komu_prinadlejat_krupneyishie_biogazovye_kompanii_v_ukraine) [in Ukrainian].
23. Bioenergy Association of Ukraine (UABIO). Vyrobnystvo biohazu u 2020 rotsi – aktualna ta nadiina statystyka [Biogas production in 2020 – is an up-to-date and reliable statistic]. URL: <https://uabio.org/materials/10904/> [in Ukrainian].
24. Yak u Lvovi pratsiue stantsiia kompostuvannia orhanichnykh vidkhodiv [How an organic waste composting station works in Lviv]. *Tvoe misto = Your city*, 2020. URL: [https://tvoemisto.tv/news/yak\\_u\\_lvovi\\_pratsiue\\_stantsiya\\_kompostuvannya\\_organichnyh\\_vidhodiv\\_113872.html](https://tvoemisto.tv/news/yak_u_lvovi_pratsiue_stantsiya_kompostuvannya_organichnyh_vidhodiv_113872.html) [in Ukrainian].
25. Sokolova, V., Krusir, G., Sagdeeva, O., Kovalenko, I., Kuznetsova, I. (2020). Research of the impact of the Baikal EM microbiological supplement on the composting of mixed food waste. *Technogenic and ecological safety*, 7(1/2020), 57–63. doi: 10.5281/zenodo.3780092.
26. Korniienko, I. M., Holovei, O. P., Lashkova, A. T., Kryvonos, O. S., Zatsarenko, S. S. (2017). Doslidzhennia efektyvnosti zbahachennia gruntiv mikrobiolohichnym dobryvom [Research on the effectiveness of soil enrichment with microbiological fertilizer]. *Zbirnyk naukovykh prats Dniprovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky) = Collection of scientific works of the Dnipro State Technical University (technical sciences)*, No. 1(32), P. 128–131 [in Ukrainian].
27. Baranovsky, M., Korniienko, I., Yastremska, L. (2020). Enerho- ta resursozberihaiuchi tekhnologii pererobky roslynnykh vidkhodiv spetsyfichnym konsortsiumom mikroorhanizmiv [Energy- and resource-saving technologies of plant waste processing by a specific consortium of microorganisms]. *European dimensions of sustainable development: Mat. II International science - practice conf. within the framework of EU ERASMUS+ program projects (25–26 cherv. 2020)*. Kyiv: NUHT. P. 6. [in Ukrainian].
- 25–26, 2020). Boston, USA, 2020. P. 511–514. DOI: 10.46299/ISG.2020XVIII.
20. Clean Energy Technologies and Energy Efficiency: the EU Experience «Jean Monnet Modules Erasmus+» Project 101047602 – EnergyC. URL: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43353764/101047602/ERASMUS2027>.
21. Панцхава Е. С. Биоэнергетика. Мир и Россия. Биогаз: теория и практика. М.: Русайнс, 2014. 972 с. URL: [https://bstudy.net/746705/tehnika/bioenergetika\\_mir\\_i\\_rossiya\\_biogaz](https://bstudy.net/746705/tehnika/bioenergetika_mir_i_rossiya_biogaz).
22. Кому належать найбільші біогазові компанії в Україні. URL: [https://biz.censor.net/resonance/3228545/komu\\_prinadlejat\\_krupneyishie\\_biogazovye\\_kompanii\\_v\\_ukraine](https://biz.censor.net/resonance/3228545/komu_prinadlejat_krupneyishie_biogazovye_kompanii_v_ukraine).
23. Біоенергетична Асоціація України (UABIO). Виробництво біогазу у 2020 році – актуальна та надійна статистика. URL: <https://uabio.org/materials/10904/>.
24. Як у Львові працює станція компостування органічних відходів. *Твоє місто*, 2020. URL: [https://tvoemisto.tv/news/yak\\_u\\_lvovi\\_pratsiue\\_stantsiya\\_kompostuvannya\\_organichnyh\\_vidhodiv\\_113872.html](https://tvoemisto.tv/news/yak_u_lvovi_pratsiue_stantsiya_kompostuvannya_organichnyh_vidhodiv_113872.html).
25. Sokolova V., Krusir G., Sagdeeva O., Kovalenko I., Kuznetsova I. Research of the impact of the Baikal EM microbiological supplement on the composting of mixed food waste. *Technogenic and ecological safety*. 2020. 7(1). P. 57–63. doi: 10.5281/zenodo.3780092.
26. Корнієнко І. М., Головей О. П., Лашкова А. Т., Кривонос О. С., Зацаренко С. С. Дослідження ефективності збагачення ґрунтів мікробіологічним добривом. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2017. № 1(32). С. 128–131.
27. Барановський М., Корнієнко І., Ястремська Л. Енерго- та ресурсозберігаючі технології переробки рослинних відходів специфічним консорціумом мікроорганізмів. *Європейські виміри сталого розвитку: 2020: Мат. II міжн. наук.-практ. конф. в рамках проєктів програми ЄС ЕРАЗМУС+ (25–26 черв., 2020 р.)*. Київ: НУХТ, 2020. С. 6.

28. Korniienko, I. M., Filimonenko, O. Yu., Kriukovska, O. A., Sytnyk, O. O. (2019). Udoskonalennia tekhnolohii pererobky orhanichnykh vidkhodiv za dopomohoiu symbiozu mikroorhanizmiv [Improving the technology of processing organic waste with the help of symbiosis of microorganisms]. *Zbirnyk naukovykh prats Dniprodzerzhynskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky) = Collection of scientific works of the Dniprodzerzhinsk State Technical University (technical sciences)*, No. 1(34), P. 123–127 [in Ukrainian].
28. Корнієнко І. М., Філімоненко О. Ю., Крюковська О. А., Ситник О. О. Удосконалення технології переробки органічних відходів за допомогою симбіозу мікроорганізмів. *Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки)*. 2019. № 1 (34). С. 123–127.
29. Korniienko, I. M., Hulciaiev, V. M., Lashkova, T. A., Kryvonos, O. S., Lukovkina, Yu. O. (2019). Udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia pertsiu ta ripaka iz zastosuvanniam bioorhanichnykh dobryv [Improving the technology of growing pepper and rapeseed with the use of organic fertilizers]. *Zbirnyk naukovykh prats Dniprovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky) = Collection of scientific works of the Dnipro State Technical University (technical sciences)*, No. 1 (34), P. 118–122 [in Ukrainian].
29. Корнієнко І. М., Гуляєв В. М., Лашкова Т. А., Кривонос О. С., Луковкіна Ю. О. Удосконалення технології вирощування перцю та ріпака із застосуванням біоорганічних добрив. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2019. № 1 (34). С. 118–122.



Co-funded by  
the European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Education and Culture Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

**KORNIYENKO IRINA**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Department of Biotechnology,  
National Aviation University, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-3872-0957>  
<http://irbis-nbuv.gov.ua/ASUA/0080598>  
E-mail: [irina.kornienko.1979@gmail.com](mailto:irina.kornienko.1979@gmail.com)

**YASTREMSKA LARYSA**

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,  
Associate Professor,  
National Aviation University, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-5832-0360>  
Scopus Author ID: 36827456100  
Web of Science ResearcherID: Q-1199-2019  
E-mail: [lsyastremskaya@gmail.com](mailto:lsyastremskaya@gmail.com)

**VIZER ANNA**

Student of Biotechnology Department,  
National Aviation University, Ukraine  
E-mail: [vizeranna0@gmail.com](mailto:vizeranna0@gmail.com)

**KUZNIETSOVA OLENA**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Department of Biotechnology,  
National Aviation University, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-1786-314X>  
Scopus ID: 57216157203  
E-mail: [ekyznec@ukr.net](mailto:ekyznec@ukr.net)

**BARANOVSKYY MYKHAILO**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Department of Biotechnology,  
National Aviation University, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4935-7276>  
Scopus Author ID: 7004062083  
E-mail: [izbarvinok@gmail.com](mailto:izbarvinok@gmail.com)

КОРНИЕНКО И. М., ЯСТРЕМСКАЯ Л. С., КУЗНЕЦОВА Е. А.,  
БАРАНОВСКИЙ М. Н., ВИЗЕР А. К.

*Национальный авиационный университет, Киев, Украина*

### БИОКОНВЕРСИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ – ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ И УКРАИНСКИЕ ПРАКТИКИ

**Цель.** Проанализировать особенности соблюдения Директивы 2008/98/ЕС Европейского Парламента и Совета в области обращения с сельскохозяйственными отходами в Украине и выявить основные проблемные вопросы реализации европейского курса биоконверсии органических отходов с применением современных ЭМ-технологий, учитывая особенности агропромышленного комплекса Украины.

**Методика.** Анализ действующих нормативно-правовых актов по обращению с отходами и литературных источников в отношении современных биотехнологий их переработки.

**Результаты.** Проведен анализ особенностей реализации положений Директивы 2008/98/ЕС относительно обращения с сельскохозяйственными отходами в странах ЕС и Украине; указаны проблематические вопросы, препятствующие её выполнения; проанализированы государственные программы и планы, направленные на распространение современных биотехнологий переработки органических (сельскохозяйственных) отходов, учитывающие особенности агропромышленного комплекса Украины, даны рекомендации относительно эффективного использования ЭМ-технологий в практике переработки органических отходов.

**Научная новизна.** Сформулированы проблемные вопросы, препятствующие реализации положений Директивы 2008/98/ЕС в Украине по обращению с органическими отходами в полной мере, обоснован биотехнологический подход к биоконверсии органических отходов с учетом положений циркуляционной экономики.

**Практическая значимость.** Соблюдение основных принципов Директивы 2008/98/ЕС позволило обозначить проблематические вопросы европейского курса Украины в направлении переработки и утилизации сельскохозяйственных отходов; выяснить на основе положения циркуляционной экономики эффективность внедрения современных биотехнологических решений по использованию ЭМ-технологий, направленных на одновременное получение биоудобрения и биогаза. Представлены примеры когенерационных биогазовых технологий с получением дигистата и биометана на ферме «Līgo» Яниса Винтера в Латвии, которые успешно реализуют практический европейский опыт и пример эффективного использования ЭМ-технологий в практике переработки овощных отходов – картофельных, свекловичных и морковных, в Украине.

**Ключевые слова:** Директива 2008/98/ЕС; сельскохозяйственные отходы; биоэнергетика; биоконверсия; биомасса; современные биотехнологии.

KORNIYENKO I. M., YASTREMSKAYA L. S., KUZNETSOVA O. O.,  
BARANOVSKYY M. M., VISER A. K.

*National Aviation University, Kyiv, Ukraine*

### BIOCONVERSION OF ORGANIC WASTE – EUROPEAN EXPERIENCE AND UKRAINIAN PRACTICES

**Purpose.** To analyze the peculiarities of compliance with the Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council in the field of management of agricultural waste in Ukraine and to identify the main problematic issues regarding the implementation of the European course of bioconversion of organic waste using modern EM technologies, taking into account the peculiarities of the agro-industrial complex of Ukraine.

**Methodology.** Analysis of current legal acts on waste management as well as literary sources regarding modern biotechnologies of waste processing.

**Findings.** An analysis of the peculiarities of the implementation of the provisions of the Directive 2008/98/EC in the field of management of agricultural waste in the EU and Ukraine was carried out; the problematic issues that lead to the complication of its implementation are indicated; state programs and plans aimed at spreading modern biotechnologies of organic (agricultural) waste processing, which take into account the peculiarities of the agro-industrial complex of Ukraine, were analyzed, recommendations regarding the effectiveness of using EM technologies in the practice of organic waste processing were given.

**Originality.** Problematic issues that prevent the full implementation of the provisions of the Directive 2008/98/EC in Ukraine regarding the management of organic waste are formulated, and the biotechnological approach to the bioconversion of organic waste, taking into account the provisions of the circular economy, is substantiated.

**Practical value.** Compliance with the main principles of the Directive 2008/98/EC made it possible to outline problematic issues regarding the European course of Ukraine in the direction of processing and utilization of agricultural waste; to find out on the basis of the provisions of the circular economy the effectiveness of the implementation of modern biotechnological solutions for the use of EM technologies, which are aimed at the simultaneous production of biofertilizer and biogas. Examples of cogeneration biogas technologies with the production of digestate and biomethane from the "Līgo" farm of Janis Winter in Latvia are presented, which successfully implement practical European experience, as well an example of the effectiveness of using EM technologies in the practice of processing vegetable waste such as potatoes, beets and carrots in Ukraine is given.

**Keywords:** Directive 2008/98/EC; agricultural waste; bioenergy; bioconversion; biomass; modern biotechnologies.