НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

Національний науковий центр

«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

**РЕФЕРАТ РОБОТИ**

**на здобуття щорічної премії Президента України
для молодих вчених**

**«АДАПТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ДОБРИВ**

**З ВУГЛЕЦЕВМІСНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ**

**ГУМУСОВОГО СТАНУ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»**

**Автори:**

1. **Гетманенко Вікторія Анатоліївна** – кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник лабораторії органічних добрив і гумусу Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
2. **Кутова Анжела Миколаївна** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник лабораторії органічних добрив і гумусу Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

Харків – 2018

**Актуальність.** У сучасних умовах за недостатнього внесення органічних добрив та недотримання науково обґрунтованих сівозмін зміщується рівновага між процесами гуміфікації та мінералізації в ґрунтах. Наявне поширення деградаційних процесів у ґрунтах України загрожує їх сталому функціонуванню. Ґрунти втратили значну частину гумусу і продовжують погіршуватись. Системне вирішення проблеми підвищення ефективності використання біоресурсів пов’язано з необхідністю істотного розширення досліджень щодо залучення органічних відходів, як важливого ресурсного джерела, та розробки адаптивних технологій їх переробки, які відповідають екологічним вимогам та сучасним ринковим відношенням товаровиробників. Питання, що розглянуті в науковій роботі відповідають пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки, що регламентовано відповідними нормативно-правовими актами України.

**Основні науково-технічні результати та їх наукова новизна.** Важливим резервом для виробництва високоефективних органічних та органо-мінеральних добрив (ОМД) є місцеві сировинні ресурси, що характеризуються широко розгалуженою регулярно поновлювальною великотоннажною базою.

Було проведено порівняльне оцінювання місцевих сировинних ресурсів як сировини для виготовлення органічних і органо-мінеральних добрив. Встановлено, що з органічною сировиною у ґрунт надходить складний комплекс різних за молекулярною масою, хімічним складом, ступенем стійкості та реакційною здатністю органічних сполук. Одержана інформація дає об’єктивну якісну порівняльну характеристику місцевим ресурсам різного походження і може бути використана для оцінювання потенційних агрохімічних та меліоративних властивостей, для раціонального їх застосування у регульованому процесі виготовлення органічних та органо-мінеральних добрив.

Розроблену номенклатуру показників якості органічних та ОМД слід застосовувати під час початку виготовлення нових добрив, розробки нормативно-технічної документації, методів контролю якості, атестації та порівняльного аналізу якості добрив цих класів.

В умовах сьогодення значно посилюється меліоруючі значення добрив через помітну дегуміфікацію ґрунтів за умов інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Висвітлено науково-технологічні підходи до застосування органічних та органо-мінеральних добрив для регулювання гумусового стану ґрунтів.

Проведене дослідження процесів гуміфікації та мінералізації субстратів, з використанням кінетичної моделі їх трансформації, показує, що кожному агротехнічному прийому відповідає свій рівень самостабілізації гумусу, причому норми внесення органічних добрив повинні нарощуватися за тим же законом за яким відбувається розкладання. Спроби форсування цього процесу збільшеними нормами органічних добрив не приведуть до бажаних результатів у зв'язку з різким посиленням процесів мінералізації.

Розроблено патентозахищені технології виготовлення органічних добрив на основі вуглецевмісних відходів шляхом біоконверсії. Впровадження такої технології переробки забезпечує виробництво добрива зі збалансованим хімічним складом, покращеною характеристикою органічної речовини, що не містить високих концентрацій важких металів і фітотоксичних сполук. Виявлено, що компости на основі вуглецевмісних відходів мають високу удобрювальну цінність та характеризуються підвищеним рН, вмістом поживних елементів і золи порівняно з нативними осадами стічних вод (ОСВ), що більш інтенсивно виражено в аеробно-перероблених компостах.

Доведено, що за складом органічної речовини компостовані матеріали відрізняються від вихідної сировини : до 30 % зменшується вміст загального вуглецю на фоні накопичення гумусових речовин. Параметри трансформації залежать від наповнювача та параметрів вихідної суміші. Виявлено, що показники якості органічної речовини компостів мають високий ступінь кореляції і знаходяться в прямій залежності з вихідними показниками співвідношення вуглецю до азоту. Встановлено, що за застосування анаеробної технології переробки у готовому добриві підвищується вміст органічної речовини, вихід гумусових кислот та коефіцієнти гуміфікації порівняно з аеробною технологією. Найкращі характеристики органічної складової формувались в разі сумісної переробки ОСВ з листям за співвідношення С/N = 25, вологості 65 % із застосуванням обробки гуматом калію.

За даними інфрачервоної спектроскопії встановлено, що гумінові речовини компостованих матеріалів є структурно збалансованими та, в хімічному розумінні, зрілими сполуками, що характеризуються більш різноманітною азотистої частиною. Виявлено, що переробка в аеробних умовах сприяє накопиченню сполук аліфатичної природи в готовому продукті, а в анаеробних – ароматичної. Найбільш досконала структура гумінових речовин характерна для анаеробно-перероблених компостів з листям. Виявлено позитивний вплив гумінових речовин, екстрагованих компостів на основі вуглецевмісних відходів на фізіологічні процеси росту і розвитку рослин крес-салату *(Lepidium sativum L.)*.

Доведено більш високу ефективність дії та післядії компостованих вуглецевмісних відходів на трансформацію органічної речовини чорнозему опідзоленого. Найістотніший вплив на загальну гумусованість ґрунту, якісні характеристики та енергоємність гумусу здійснювали компости, виготовлені за анаеробних умов. Виявлено високий енергопотенціал компостів на основі вуглецевмісних відходів. Так, зростання запасів енергії гумусу досягає 25 % відносно контролю після внесення анаеробно-переробленого компосту з листям.

На основі досліджень процесів трансформації та взаємодії гетерогенних систем розроблено технологію одержання твердих ОМД зі змінним співвідношенням поживних і гумінових речовин. В основу розробки покладено концептуальну модель формування гумусових сполук у процесі біокондиціонування місцевої сировини та концептуальні положення одержання ОМД, а в основу технологічного процесу – процес регульованого аерокондиціонування органо-мінеральної пульпи, збагаченої фізіологічно активними речовинами та біогенними елементами, значна частина яких зв’язана з високогуміфікованою органічною речовиною в органо-мінеральному комплексі, що перешкоджає вимиванню та подальшій ретроградації поживних речовин у ґрунті після внесення добрив. Передбачається зональний підхід до приготування органічних та органо-мінеральних добрив, використовуючи властивість амфіфільності біологічних макромолекул, яка є важливою передумовою формування органо-мінеральних комплексів у ґрунті.

Для оптимізації живлення рослин на початковому етапі росту й розвитку до одержаної кондиційованої субстанції додають стартову дозу поживних речовин. Доведено, що як вихідні компоненти для виготовлення ОМД потрібно використовувати мінеральні добрива з високим вмістом діючої речовини біогенних елементів. При цьому зводиться до мінімуму ефект «розбавлення», коли високий вміст «баласту» мінеральних домішок істотно зменшує загальний вміст органічної речовини в ОМД.

На відміну від традиційних підходів, розроблено принцип щодо переробки сировини, який ґрунтується на концептуальній моделі формування гумусових сполук у процесі біокондиціонування та дає змогу розширити функціональні можливості реагентів і вузькоспеціалізованих домішок.

Встановлено особливості трансформації органічної сировини різного генезису в процесі її переробки на органічні добрива, що придатні до застосування в органічному виробництві. Необхідною умовою, що забезпечує процес азотфіксації в компостах, є наявність певної кількості азоту в органічній формі (С/N 25-30), який необхідний для активізації бактерій розкладаючих целюлозу, продукти обміну яких є енергетичним матеріалом для мікроорганізмів, що засвоюють органічні та мінеральні форми азоту. Компостування соломи, обробленої мікробіологічним препаратом, який містить клітини Azotobacter chroococcum, свіжого посліду та торфу в співвідношенні 2:1:1 приводить до збагачення компостної суміші гуміновими та фульвокислотами на 32 та 13 % відповідно. Під час компостування відходів органічного походження відбувається їх знезараження і стабілізація, вміст важких металів у готовому добриві не перевищує гранично-допустимі концентрації для сировини, що застосовується в органічному землеробстві.

На основі рекомендованих зональних норм з урахуванням вмісту поживних речовин в органічних та мінеральних складових ОМД розроблено норми їх внесення для зернових, кормових та овочевих культур, які вирощують у Поліссі, в Лісостепу та Степу України.

На чорноземі типовому важкосуглинковому встановлено агрохімічну ефективність застосування в короткоротаційних сівозмінах ОМД порівняно з органічними і мінеральними добривами, які вносили в еквівалентних дозах окремо. Доведено перевагу ОМД перед традиційними добривами. Встановлено, що основне внесення ОМД підвищує продуктивність ланок сівозмін на 31 - 42 % порівняно з варіантами, які не удобрювали, передпосівне внесення врозкид і припосівне локальне – на 14 - 21 %. Визначено, що за основного внесення ОМД окупність 1 кг діючої речовини за ланку сівозміни становить 6,0 - 12,6 кг, за припосівного і передпосівного внесення – 13,7 - 35,3 кг зернових одиниць. Гранульована форма ОМД за ефективністю їхньої дії та післядії на врожайність сільськогосподарських культур мала перевагу порівняно з аморфними добривами аналогічного складу. Внесення комплексних ОМД в дозах, рекомендованих для припосівного і передпосівного внесення, слід розглядати лише з урахуванням їх прямої дії на врожайність культур.

Встановлено, що внесення ОМД врозкид і локально сприяє підвищенню в 1,2 рази ступеня рухомості всієї системи гумусових речовин у верхньому шарі чорнозему типового. Найістотніше (на 41 - 62 %) підвищується вміст рухомої фракції гумінових кислот – ГК-1 порівняно з контролем з відповідним зниженням гумінових кислот міцнозв’язаних з мінеральною частиною ґрунту – ГК-3. Під впливом ОМД змінюється співвідношення Сгк/Сфк і зростає ступінь гуміфікації в ґрунті. Крім того, ОМД сприяють збагаченню на азот органічної речовини чорнозему типового з відповідним звуженням відношення С/N.

**Практична значимість.** Результати досліджень щодо виробництва і застосування органічних та органо-мінеральних добрив увійшли до 7 державних стандартів України, серед яких „Добрива органічні. Агрономічні вимоги щодо якості добрив для використання в органічному виробництві” (ДСТУ 7938:2015) та „Добрива органічні. Вимоги щодо застосування в органічному виробництві” (ДСТУ 7880:2015). Перспектива цього напряму і необхідність подальшого розвитку нормативно-методичної бази є логічним продовженням робіт, спрямованих на виробництво та застосування добрив, що підкреслюється положеннями Закону України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини».

Розроблена номенклатура показників якості органічних та органо-мінеральних добрив дозволяє упорядкувати систему контролю продукції групи 65080 «Добрива» на етапах виробництва та використання, під час державної реєстрації в Департаменті екологічної безпеки Міністерства екології та природних ресурсів України, під час проведення науково-дослідних робіт.

За матеріалами досліджень одержано два патенти на корисну модель: № 102255 «Спосіб отримання компосту на основі осадів міських стічних вод» та № 103225 «Спосіб переробки осадів стічних вод тривалого зберігання на добриво».

Окремі положення роботи увійшли до Кодексу найкращих сільськогосподарських практик, що є одним з базових документів, що мають лягти в основу впровадження Директиви Ради 91/676/ЄС від 21 грудня 1991 року про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами із сільськогосподарських джерел (Нітратна директива).

Отримані результати можуть знайти практичне втілення у створенні Національної системи обліку емісії парникових газів, що утворюються внаслідок сільськогосподарської діяльності відповідно до вимог Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Кіотського протоколу з розробкою відповідних заходів щодо збільшення секвестрації вуглецю орними землями України.

Економічні, екологічні та соціальні ефекти від впровадження розробок, наступні: підвищення вмісту і якості органічної речовини ґрунтів, збільшення продуктивності сівозмін на 25-30 %, секвестрації вуглецю та зниженню емісії парникових газів; економія мінеральних добрив на 15-25 %, пального на 25-30 %; забезпечення додаткових робочих місць; безпечна утилізація відходів та залучення до біологічного кругообігу відчужувані елементи живлення.

Матеріали дослідження використано в начальному процесі підготовки бакалаврів і магістрів Львівського НАУ та Харківського НАУ імені
В.В. Докучаєва, що підтверджено відповідними довідками.

**Обсяг впровадження та досягнутий ефект.** Основні технологічні рішення використовують під час проектування та налагодження промислового виробництва нових видів органічних добрив і ОМД та їх реалізації у сільськогосподарському виробництві Харківської, Донецької, Сумської, Львівської, Запорізької, Дніпропетровської областей, що засвідчено відповідними актами впровадження.

За результатами проведених досліджень отримано наступні дані:

- господарства Донецької області. Об’єм виготовлених за технологією добрив - 11,5 тис. т, локальне внесення на площі 5 тис. га. Результат: покращується поживний режим ґрунту, збільшення врожаю овочевих культур: томатів - на 21 - 33 %; огірків - на 30 - 37 %; капусти - на 30 - 35 %; кабачків - на 35 - 40 %. Економічний ефект від 1 770 до 3 100 грн./га.

- господарства Дніпропетровської області. Об’єм виготовлених органічних добрив за допомогою прискореного компостування 15 тис. т, основне внесення органічних добрив під кукурудзу на площі 2 тис. га. Об’єм виготовлених органо-мінеральних добрив 8 тис. т, внесення під овочеві культури врозкид і локально на площі 10 тис. га. Результат: покращуються агрохімічні та фізико-хімічні властивості ґрунту, внесення органо-мінеральних добрив врозкид і локально забезпечило приріст врожаю овочевих культур на рівні 35 - 40 %. Економічний ефект: на посівах кукурудзи 500 - 700 грн./га, на овочевих культурах - 1500 - 2200 грн./га.

- господарства Сумської області. Об’єм виготовлених органічних добрив 2,5 тис. т., гранульованих органо-мінеральних добрив – 5 тис. т., площа застосування 2,5 тис. га. Результат: внесення добрив сприяло посиленню формування вегетативної маси рослин підвищуючи урожай насіння соняшника на 20-25 %, зерна кукурудзи на 18-30 %. Економічний ефект досягається за рахунок зменшення витрат на мінеральні добрива (на 15-25 %) та становив від 2025 до 2830 грн./га.

Узагальнюючи отримані дані, можна констатувати, що впровадження розроблених технологій на площі більше 100 тис. га (об’єм виробництва добрив більше 40 тис. т) дозволило: підвищити вміст і якість органічної речовини ґрунтів, збільшити продуктивність сівозмін на 25 - 30 %, отримати чистий прибуток від 500 до 3100 грн./га.

Окремі положення роботи використано під час проведення проектно-пошукових робіт Харківською філією Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» на площі 3500 га.

Встановлено, що основні енергетичні витрати під час виробництва ОМД (близько 80 %) припадають на мінеральні компоненти, які застосовують у цих технологіях. Визначено, що одним із напрямів зменшення енерговитрат на виробництво ОМД є використання відносно більшої кількості органічного компонента, за умови зменшення його собівартості та підвищення якості. Доведено, що найкращі показники енергетичної й економічної ефективності ОМД забезпечувало їх локальне внесення. В середньому в сівозмінах коефіцієнт енергетичної ефективності за основного внесення ОМД становив 5,6 - 7,0, за припосівного і передпосівного внесення – 4,8 - 5,8, що перевищувало цей показник у разі окремого основного внесення органічних і мінеральних добрив на 9 - 18 %, за припосівного і передпосівного внесення – на 2 - 32 %.

Досвід показує, що налагодження виробництва нових добрив за запропонованими технологіями потребує значно менших капіталовкладень та їх швидкої окупності у порівнянні з діючими технологіями. Виробництво передбачається маловідходним, безперервної дії та замкнутого циклу, показники надійності вище за відомі аналоги.

**Кількість публікацій**: 52, в т.ч. 2 монографії, 4 рекомендації, 22 статті (зокрема у міжнародних виданнях – 4). Результати роботи представлено у завершеному комплексі з 7 державних стандартів України. Згідно бази даних Google Scholar загальна кількість посилань на публікації авторів, представлених в роботі, складає 8, h-індекс = 2. Новизну та конкурентоспроможність технічних рішень захищено 2 патентами на корисну модель. За матеріалами роботи захищено 1 кандидатську дисертацію.

Претендент, канд. с.-г. наук,

наук. співроб. лабораторії

органічних добрив і гумусу

ННЦ «Інститут ґрунтознавства

та агрохімії імені О.Н. Соколовського» В.А. Гетманенко

Претендент, канд. с.-г. наук,

старший наук. співроб. лабораторії

органічних добрив і гумусу

ННЦ «Інститут ґрунтознавства

та агрохімії імені О.Н. Соколовського» А.М. Кутова

Вчений секретар

ННЦ «Інститут ґрунтознавства

та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

канд. с.-г. наук, с.н.с. В. В. Шимель