

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**ШЕВЧУКА Олександра Вікторовича**

на тему: «**Агрохімічна ефективність супутніх продуктів виробництва біогазу на сірому лісовому ґрунті Правобережного Лісостепу України**», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство

**Актуальність теми дисертації.** У зв'язку зі зміною клімату, важливими проблемами людства є нестача продовольства та енергії, зміна природного середовища, втрати стійкості екосистем, зниження родючості ґрунтів. Входження України в Європейський Союз зумовлює необхідність упровадження ефективних з екологічного, економічного та соціального поглядів систем ведення аграрного виробництва, розроблення високоефективних агротехнологій, у тому числі і раціонального застосування продуктів переробки відходів органічного походження, які будуть мати мінімальне хімічне навантаження на ґрунт.

Тому повернення органічних відходів рослин і тварин у виробничий цикл, де субстрати отримують у процесі виробництва біогазу (циркулярна утилізація відходів), є перспективним для участі в циклі відновлюваної енергії, а їх використання для удобрення може мати позитивний вплив на клімат, довкілля та сталість сільськогосподарського виробництва. Дигестат вважається високоефективним удобрювальним продуктом, що містить широкий спектр необхідних для рослин поживних речовин, багато органічних сполук та різні гормони росту, вітаміни тощо.

Дослідження з використання пшениці озимої та кукурудзи як об'єкт дослідження для вивчення впливу різних доз біогазової суспензії на властивості ґрунту та формування врожаю та його якісних показників, що дозволяє сформулювати наукову основу для екологічнобезпечного застосування дигестату, поліпшення властивостей ґрунту, підвищення врожайності та якості зерна, а також реалізації сталого розвитку сільського господарства є актуальним.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** В основу дисертації покладені результати науково-дослідної роботи автора, які входили до програми наукових досліджень Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогноз і управління природним та ресурсним потенціалом агроєкосистем України» (2021–2025 рр., номер ДР 0121U112521) за тематикою кафедри агрохімії і ґрунтознавства «Забезпечення раціонального використання ґрунтових ресурсів та управління мінеральним живленням сільськогосподарських культур».

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у комплексному вирішенні актуального науково-прикладного завдання сучасного аграрного виробництва, що ґрунтується на оптимальному поєднанні галузей тваринництва і рослинництва в умовах біоенергетичного розвитку. Обґрунтовано доцільність

повернення дигестату біогазового виробництва в агроєкосистеми як ефективного способу використання супутніх продуктів анаеробного зброджування, що забезпечує одночасне відновлення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та екологічно безпечну утилізацію органічних відходів, відповідаючи принципам сталого розвитку аграрного сектору.

Вперше науково обґрунтовано та експериментально підтверджено агрохімічну доцільність і ефективність використання дигестату біогазового виробництва на основі курячого посліду як органічного удобрювального продукту під пшеницю м'яку озиму та кукурудзу на сірому лісовому ґрунті Правобережного Лісостепу України. Запропоновано науково обґрунтоване рішення щодо екологічно безпечної утилізації дигестату з урахуванням результатів агрохімічних, мікробіологічних і польових досліджень, визначено його вплив на формування показників продуктивності культур, агрохімічну та економічну ефективність вирощування.

*Установлено* особливості росту й розвитку пшениці м'якої озимої та кукурудзи, а також закономірності формування їх урожайності залежно від рівня застосування різних доз дигестату з курячого посліду. Науково обґрунтовано оптимальні дози його внесення в агроценозах досліджуваних культур, за яких досягається істотне підвищення врожайності та поліпшення біохімічних показників якості зерна пшениці м'якої озимої і кукурудзи.

*Удосконалено* системи управління мінеральним і органічним живленням пшениці м'якої озимої та кукурудзи в сучасних технологіях їх вирощування з урахуванням впливу дигестату на агрохімічні властивості сірого лісового ґрунту, характер трансформації органічної речовини, поживний режим і рівень біологічної активності ґрунтового середовища.

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо екологічно безпечного використання супутніх продуктів анаеробного зброджування курячого посліду біогазових установок як джерела органічної речовини та елементів живлення рослин, спрямованого на відновлення біологічних функцій ґрунту. Удосконалено технологічні підходи до застосування дигестату як органічного добрива, методи оцінювання його елементарного складу, а також наукові засади підвищення продуктивності пшениці м'якої озимої та кукурудзи завдяки використанню нового виду органічних добрив із високими агрохімічними та мікробіологічними властивостями.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в розробленні алгоритму дій та пропозицій щодо повернення органічних відходів у виробничий цикл відповідає основним директивам ЄС. Використання анаеробного дигестату з курячого посліду для удобрення, який містить значну кількість органічних і поживних речовин різного складу, допоможе оптимізувати надходження їх у ґрунт з метою підвищення врожайності та поліпшення якості зерна, відновлювати і підвищувати якість ґрунту, захищати довкілля та споживачів, зменшувати залежність від синтетичних добрив.

Досліджено хімічний склад супутніх продуктів біогазового виробництва з курячого посліду і встановлено порівняно високий вміст органічної речовини і поживних речовин, тому вони можуть застосовуватися як біоорганічні удобрювальні продукти. Визначено оптимальні дози дигестату на основі курячого посліду на сірому лісовому ґрунті в умовах Правобережного Лісостепу в системах удобрення пшениці м'якої озимої і кукурудзи, що сприяє підвищенню їх продуктивності, відновленню родючості ґрунту, зменшенню використання штучних хімічних добрив, вартості сільськогосподарського виробництва та забруднення довкілля продуктами життєдіяльності птахів. У майбутньому використання супутніх продуктів біогазового виробництва буде все більше використовуватися для просування інтегрованого поєднання тваринництва та рослинництва і сприятиме формуванню низьковуглецевого, сталого та ефективного сільськогосподарського виробництва.

Вперше було вивчено та оцінено вплив застосування дигестату на властивості ґрунту та сільськогосподарські культури (пшеницю м'яку озиму і кукурудзу), дістали подальший розвиток наукові основи його застосування. На основі цього розроблено практичні рекомендації застосування дигестату. Встановлено, що доцільним є ранньовесняне підживлення пшениці озимої рідким дигестатом дозою 10 м<sup>3</sup>/га, що замінить внесення синтетичних азотних добрив загальною дозою 109 кг/га д. р. напровесні та на стадії ВВСН 28–29. За такого сценарію удобрення врожайність зерна може становити 7,64–8,68 т/га за вмісту білка 10,7–11,4 % залежно від погодних умов. Оцінено різне поєднання дигестату з мінеральними добривами порівняно з традиційною системою застосування добрив і встановлено ефективність його внесення в дозі 20 м<sup>3</sup>/га або в поєднанні з аміаком водним у відношенні за азотом 1:1 за дози N<sub>200</sub>.

Рекомендації щодо застосування дигестату пройшли виробничу перевірку та впроваджено в агрофірмі «Колос» м. Ладижин Вінницької області на площі 110 га (пшениця озима) та 145 га (кукурудза) (акт від 29.09.2025 р.), а також результати дисертаційної роботи впроваджуються/використовуються у навчальному процесі та науково-дослідній роботі в Уманському НУ (акт від 16.09.2025 р.).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.** Розроблені автором й викладені у дисертаційній роботі висновки та рекомендації мають високий рівень обґрунтованості. Дисертантом опрацьовано значну кількість літературних джерел як вітчизняних, так і зарубіжних авторів, якісно проаналізовано теоретичне узагальнення і практичне нове розв'язання наукової проблеми. Дигестат вважається високоефективним удобрювальним продуктом, що містить широкий спектр необхідних для рослин поживних речовин, багато органічних сполук та різні гормони росту, вітаміни тощо. Сприяння його застосуванню в землеробстві може зменшити забруднення довкілля значними відходами тваринництва, а також сприяти ефективному органічному поєднанню рослинництва і тваринництва, просуванню та застосуванню ефективних циклічних і низьковуглецевих агротехнологій. Проте, дигестат також має різні фізичні та

хімічні властивості, що може спричинити зниження ефективності системи удобрення, пригнічення росту культур, зниження якості врожаю та інші негативні наслідки. Тому його застосування має бути адаптоване до місцевих умов. У дослідженні проблематики, що витікає з поставленої мети та завдань дисертації автор у кожному розділі критично осмислює виклад досліджень інших вчених, що досліджували дане питання, при цьому викладаючи свою думку, що свідчить про високий науковий рівень дисертанта.

На основі проведених досліджень здобувачем сформульовані наукові положення, висновки й рекомендації для виробництва.

*Із них найважливіші наступні.*

1. Розвиток біогазового виробництва зростає, що збільшує виробництво дигестату, який можна використати як органічний удобрювальний продукт. Проте умови його застосування та ефективність нині вивчені недостатньо.

2. Рідкий дигестат має високий вміст макро- та мікроелементів і може бути цінним удобрювальним продуктом, з урахуванням того, що його потрібно утилізували на незначній відстані від біогазової установки. Нині немає обмежень щодо реалізації дигестату як удобрювального продукту органічного походження.

3. Агрохімічний склад і характеристики дигестату залежать від виду та походження вихідної сировини, яка завантажується в метантенк, що потребує дослідження кожної його партії. З дигестатом нині проводять багато досліджень у рослинництві, особливо із зерновими культурами, але їх результати потребують уточнення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Перш за все необхідно уточнити максимальні дози його внесення, ефективність під різні сільськогосподарські культури.

4. Дози внесення азоту з різними удобрювальними продуктами у підживлення та стадії розвитку рослин пшениці озимої істотно впливають на вміст азоту мінеральних сполук у шарі ґрунту 0–40 см. Підживлення дигестатом, порівняно з азотними добривами, поліпшує азотний режим ґрунту в кінці вегетації пшениці озимої.

5. Ранньовесняне підживлення пшениці озимої дигестатом у дозі 10–30 м<sup>3</sup>/га за впливом на показники якості зерна не поступається традиційній системі її удобрення синтетичними азотними добривами. Зі збільшенням дози дигестату до 20 і 30 м<sup>3</sup>/га збір білка з одиниці площі посіву знижується відповідно на 16 і 42 %, що пояснюється зменшенням урожайності зерна.

6. Підживлення пшениці озимої дигестатом у дозі 10 м<sup>3</sup>/га забезпечує інтенсивність балансу азоту 61,0 %, фосфору – 168,4 і калію 200,5 %, що свідчить про необхідність додаткового внесення азоту. При цьому коефіцієнт використання з дигестату азоту становить 82,6 %, фосфору – 32,6 й калію 77,4 % і знижується за дози його внесення 30 м<sup>3</sup>/га відповідно до 13,9 %, 4,8 і 22,0 %.

7. За різних систем удобрення врожайність кукурудзи збільшується на 2,65–2,96 т/га або на 46–51 % за врожайності на контролі без добрив 5,80 т/га. За внесення 10 м<sup>3</sup>/га дигестату в поєднанні з аміаком водним спостерігається тенденція

збільшення врожайності на 0,31 т/га або на 12 % порівняно з внесенням лише дигестату в дозі 20 м<sup>3</sup>/га.

8. Внесення під кукурудзу дигестату в дозі 20 м<sup>3</sup>/га порівняно з виробничим контролем (Nва<sub>200</sub>) істотно не змінює показників якості зерна. При цьому спостерігається тенденція поліпшення натури зерна та вмісту в ньому протеїну.

9. Найбільш сприятливо баланс азоту, фосфору та калію в ґрунті за умови видалення з поля лише зерна кукурудзи – відповідно 68,0 кг/га, 54,1 і 44,2 кг/га складається за системи удобрення Дигестат 10 м<sup>3</sup>/га + Nва і загальної дози азоту 200 кг/га.

10. Найменші витрати дигестату на формування 1 т зерна пшениці озимої (4,6 м<sup>3</sup>) забезпечує підживлення ним напровесні дозою 10 м<sup>3</sup>/га. При цьому 1 м<sup>3</sup> дигестату сприяє формуванню 216 кг зерна. Витрати азоту добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна кукурудзи на 4 % менші порівняно з виробничим контролем (Nва<sub>200</sub>) за поєднання в системі її удобрення дигестату та аміаку водного у відношенні 1:1 за азотом. При цьому окупність азоту збільшується на 11 % порівняно з його внесенням у вигляді дигестату дозою 20 м<sup>3</sup>/га.

11. Застосування дигестату в системі удобрення пшениці озимої і кукурудзи є економічно виправданим і може замінити дороговартісні синтетичні азотні добрива. При цьому необхідно врахувати перш за все витрати на транспортування дигестату від біогазової установки до поля. Окупність 1 грн витрат за різних систем удобрення пшениці озимої змінюється в межах 0,5–4,8 грн і є найвищою за підживлення її дигестатом дозою 10 м<sup>3</sup>/га, навіть за його перевезення на відстань до 56 км.

12. За внесення під кукурудзу 200 кг/га азоту вартість приросту врожаю зерна змінюється від 20,1 тис. до 22,5 тис. грн/га залежно від варіанту дослідів і є найвищою за внесення 10 м<sup>3</sup>/га дигестату в поєднанні з аміаком водним у відношенні за азотом як 1 : 1.

13. За ранньовесняного підживлення пшениці озимої дигестатом дозою 10 м<sup>3</sup>/га чистий енергетичний прибуток становить 30,35 ГДж/га, або 99 % від традиційного підживлення синтетичними азотними добривами (N109).

14. Заміна в системі удобрення кукурудзи аміаку водного дигестатом дозою 10–20 м<sup>3</sup>/га підвищує чистий енергетичний прибуток на 37–46 %, а коефіцієнт енергетичної ефективності – з 1,4 до 3,2–3,7. Найнижчі енергетичні витрати (28 % від варіанту дослідів Nва<sub>200</sub>) забезпечує внесення під кукурудзу 75 % азоту у вигляді 15 м<sup>3</sup>/га дигестату та 25 % – аміаку водного. При цьому енергетична собівартість 1 т зерна знижується з 6,39 до 1,88 ГДж.

**Повнота викладення положень дисертації в опублікованих працях.** Матеріали дисертації висвітлені в повній мірі. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано в 16 наукових працях, п'ять – статті в фахових виданнях України і 11 праць у матеріалах науково-практичних конференцій.

**Характеристика єдності змісту дисертації та відповідності спеціальності, за якою вона подається до захисту.**

Дисертаційна робота ШЕВЧУКА Олександра Вікторовича на тему: «Агрохімічна ефективність супутніх продуктів виробництва біогазу на сірому лісовому ґрунті Правобережного Лісостепу України», що подається на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія з галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» викладена на 253 сторінках. Містить анотації українською та англійською мовами, вступ, 6 розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел та додатки. Обсяг основного тексту 192 сторінки комп'ютерного набору. Список опрацьованих літературних джерел налічує 426 найменування, з них латиницею— 234. Дисертацію викладено діловою українською мовою з дотриманням наукового стилю викладу результатів дослідження. Робота характеризується цілісністю, єдністю змісту, завершеністю та логічною послідовністю викладення матеріалу. За змістом, структурою, викладом матеріалу, висновками дисертаційне дослідження цілком відповідає переліку напрямів дослідження спеціальності 201 Агрономія.

**Дотримання принципів академічної доброчесності.** Порухнення академічної доброчесності у дисертаційній роботі та наукових працях здобувача (академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація) відсутні.

**Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.** Не зважаючи у цілому на позитивну оцінку викладених у дисертації положень, висновків та рекомендацій виробництву, високий рівень актуальності й практичної значущості, мають місце ряд аспектів, що мають дискусійний характер та спонукають висловити деякі зауваження й побажання. До них, зокрема, можна віднести наступні:

1. Агрометеорологічні умови в роки проведення досліджень доцільно було б навести в тексті у вигляді діаграм, що дало б можливість чіткіше простежити зміну показників до середніх багаторічних даних.

2. Потребує пояснень: чому автор використав у свої дослідженнях сорт пшениці озимої та гібрид кукурудзи закордонної селекції, якщо в реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, внесено багато сортів і гібридів відповідних культур української селекції?

3. Розділ 4., п. 4.2. Бажано було б пояснити, чому різниця в забезпеченості азотом у 2023 році та в інші роки досліджень була більшою на стадії кушіння (10-11%), ніж на стадії колосіння (6-9%)?

4. Розділ 5., п. 5.2. Який механізм забезпечує краще живлення азотом саме у період формування зерна кукурудзи при застосуванні дигестату? (Чи пов'язано це з пролонгованою дією органічної фракції дигестату, чи з покращенням мікробіологічної активності ґрунту?).

5. Автором опрацьовано значну кількість літературних джерел щодо особливості виробництва, застосування та ефективності дигестату. Однак необхідно було б систематизувати хімічний склад і особливості застосування залежно від вихідного продукту. Відповідно, можна було б і корегувати дози його внесення.

6. За даними проведених досліджень, автор стверджує, що у ґрунті з дигестатом вноситься багато мікроелементів. Потребує пояснення: чи існує імовірність накопичення в зерні досліджуваних культур важких металів?

7. Варто було б розкрити питання: З якою періодичністю та якими максимальними дозами можна вносити дигестат?

8. Для кращого сприйняття матеріалу, варто було б отримані результати досліджень відобразити не в таблицях, а в рисунках та доповнити кореляційно–регресійним аналізом (розділ 4, 5).

Вище названі зауваження й побажання не мають принципового характеру та не змінюють загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи. Висновки і рекомендації виробництву базуються на отриманих результатах досліджень. В цілому науковий рівень дисертації високий, новизна та практичне значення не викликають сумнівів.

**Загальний висновок.** Оцінюючи в цілому дисертаційну роботу Шевчука Олександра Вікторовича на тему: «Агрохімічна ефективність супутніх продуктів виробництва біогазу на сірому лісовому ґрунті Правобережного Лісостепу України», вважаю, що вона є завершеною, виконаною самостійно науковою роботою. За актуальністю науковою новизною, практичним значенням, обґрунтованістю наукових положень та висновків повною мірою відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами) «Про затвердження Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)», наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 (зі змінами) «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами) «Про затвердження Порядку присудження ступеню доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, – Шевчук Олександр Вікторович, – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство.

Офіційний опонент,  
доктор сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри рослинництва та  
цифрових технологій в агрономії  
Білоцерківського національного  
аграрного університету

Людмила ПРАВДИВА