



Національна академія аграрних наук України
Інститут кліматично орієнтованого
сільського господарства НААН

Збірник матеріалів
Міжнародної науково-практичної конференції

«Біоадаптаційні технології в агроекосистемах майбутнього»

27 листопада 2025 року
м. Одеса

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Збірник матеріалів

Міжнародної науково-практичної конференції

**БІОАДАПТАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В АГРОЕКОСИСТЕМАХ МАЙБУТНЬОГО**

**27 листопада 2025 року
Одеса, Україна**

**NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF CLIMATE-SMART AGRICULTURE**

Collection of materials of the
International Scientific and Practical Conference

**BIOADAPTIVE TECHNOLOGIES
IN FUTURE AGROECOSYSTEMS**

November 27, 2025

Odesa, Ukraine

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
(протокол № 21 від 15 грудня 2025 року)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

ВОЖЕГОВА Раїса – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, директор Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

МОРАРЬ Юрій – директор молдавської фірми «Агромодвіта», президент науково-технологічного парку «Академіка» при Академічних наук Республіки Молдова, Молдова

ДАНЧУК Олексій – доктор ветеринарних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

ШАБЛЯ Олександр – кандидат економічних наук, старший дослідник, учений секретар Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

СТЕПАНОВА Маргарита – кандидат економічних наук, завідувач відділу геоінформаційних технологій та економічних досліджень Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

ШИРОБОКОВА Олена – Донецький національний університет імені Василя Стуса, Україна; Rödl & Partner, Г'юстон, Техас; податковий консультант міжнародної компанії Rödl & Partner USA, спеціаліст з міжнародного оподаткування бухгалтерського обліку та автоматизації фінансових процесів США

ШАБАТУРА Тетяна – доктор економічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу геоінформаційних технологій, менеджменту та економічних досліджень Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

ГУТОРОВ Олександр – доктор економічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу геоінформаційних технологій, менеджменту та економічних досліджень Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

СВИДЕНКО Андрій – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник відділу геоінформаційних технологій, менеджменту та економічних досліджень Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

ПЛЯРСЬКА Олена – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач відділу маркетингу та міжнародної діяльності Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Біоадаптаційні технології в агроєкосистемах майбутнього», м. Одеса, Україна, 27 листопада 2025 року. Одеса: ІКОСГ НААН, 2025. 82 с.

У збірнику зібрані тези доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Біоадаптаційні технології в агроєкосистемах майбутнього». У матеріалах представлені новітні дослідження цифрової трансформації та практичні кейси впровадження інновацій. Особливу увагу приділено науковим дослідженням та практиці передових установ в ефективності застосування сучасних технологій та інновацій адаптованих до посушливих умов регіону.

© Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України, 2025

Recommended for printing by the Academic Council of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(Protocol No. 21 from December 15, 2025)

EDITORIAL BOARD:

Rayisa VOZHEHOVA – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS, Director of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Yurii MORAR – Director of the Moldovan company “Agromotivita”, President of the Science and Technology Park “Academica” of the Academy of Sciences of the Republic of Moldova, Moldova

Oleksii DANCHUK – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Oleksandr SHABLIA – Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Scientific Secretary of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Marharyta STEPANOVA – Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Geoinformation Technologies and Economic Research of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Olena SHYROBOKOVA – Vasyl Stus Donetsk National University, Ukraine; Rödl & Partner, Houston, Texas; Tax Associate at the international company Rödl & Partner USA, Texas, USA

Tetiana SHABATURA – Doctor of Economic Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Geoinformation Technologies, Management and Economic Research of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Oleksandr HUTOROV – Doctor of Economic Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of Geoinformation Technologies, Management and Economic Research of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Andrii SVYDENKO – PhD in Economics, senior researcher of the Department of geoinformation technologies, management and economic research of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Olena PILIARSKA – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Marketing and International Relations Department of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Conference materials of International Scientific and Practical Conference "Bioadaptive technologies in future agroecosystems", Odesa, Ukraine, November 27, 2025. Odesa: ICSA NAAS, 2025. 82 p.

The conference materials contains abstracts of the participants of the International Scientific and Practical Conference "Bioadaptive technologies in future agroecosystems". The materials present the latest research on digital transformation and practical cases of implementing innovations. Special attention will be given to scientific research and practice of leading institutions in the effective application of modern technologies and innovations adapted to the region's arid conditions.

ЗМІСТ

Моделі адаптації сільського господарства до зміни клімату Models for adapting agriculture to climate change

ГЕНЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ДОБОРУ МОРФОБІОТИПІВ ЗА КІЛЬКІСНИМИ ОЗНАКАМИ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ПРИ РІЗНИХ УМОВАХ ВИРОЩУВАННЯ Базалій В.В., Ларченко О.В.	10
ВИКЛИКИ НА ШЛЯХУ ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ТА НАПРЯМИ ЇХ ПОДОЛАННЯ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ Гуторов О.І.	12
ЕКОНОМІЧНІ МОДЕЛІ АДАПТАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ Гуторова О.О.	15
ОБГРУНТУВАННЯ СТРОКІВ ПОСІВУ СОЇ ТА КУКУРУДЗИ В ЗОНІ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ Зосимчук М.Д., Паленко В.В., Поліщук О.С.	18
АДАПТИВНІ ПІДХОДИ В СЕЛЕКЦІЇ МАЛОПОШИРЕНИХ ОВОЧЕВИХ РОСЛИН (НА ПРИКЛАДІ <i>Allium proliferum</i> Schrad.) Позняк О.В., Кондратенко С.І.	20

Біотехнології для сільського господарства Biotechnology for agriculture

FERTIS ACTIVE NPK – НОВИЙ РІВЕНЬ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН Болоховський В.В., Болоховська В.А., Хоменко Т.О., Красюк Л.М., Грабовський О.Ю.	24
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ Пархоменко М.М., Халеп Ю.М.	28
КОНВЕРСІЯ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ ТА РОСЛИННИХ РЕШТОК В ЯКІСНІ ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА Парієв А.О., Скляр О.Г., Болтянський Б.В., Дробишев О.О., Філоненко Ю.А.	32
АДАПТАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КОРІАНДРУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ: РОЛЬ БІОПРЕПАРАТІВ Поздняков В.Ю., Грабовацька О.А., Петренко С.О.	35
БІОКОНВЕРСІЯ ТВЕРДИХ ТА РІДКИХ АГРОВІДХОДІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ БІОДОБРІВ Скляр Р.В., Скляр О.Г., Болтянський Б.В.	38
ФОТОБІОНІКА ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ ТЕХНІЧНИХ ТА ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР Шаліпін С.М., Вегерчук В.В., Поздняков В.Ю., Родіонов А.В., Петренко С.О.	42

Проектні кейси використання мікробіодоростей та дигестатів, біоадаптаційні технології

Case studies on the use of microalgae and digestates, bioadaptive technologies

ФОТОБІОЛОГІЧНИЙ МЕТОД ОЧИЩЕННЯ ТА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТОКІВ
ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ
Вожегова Р.А., Петренко С.О., Шаляпін С.М. 46

ВИРОЩУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ НА ДИГЕСТАТАХ БІОГАЗОВИХ СТАНЦІЙ
ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ БІОТЕХНОЛОГІЙ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ
Петренко С.О., Жигайло Т.С. 54

Біоінтегровані системи, замкнуті цикли, біокластери

Bio-integrated systems, closed loops, bioclusters

ФОРМУВАННЯ ЗАМКНЕНИХ ЦИКЛІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОДОЛАННЯ
РЕСУРСНОЇ ВРАЗЛИВОСТІ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
МІСЬКИХ АГРОСИСТЕМ
Баруліна І.Ю. 58

Вуглецевий слід, кліматично нейтральне виробництво

Carbon footprint, climate-neutral production

БІОХІМІЧНА СКЛАДОВА ПАГОНІВ ВЕРБИ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ
ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА УДОБРЕННЯ
Данюк В.О. 62

РОЗРОБКА КАТАЛІТИЧНОЇ СУМІШІ ДЛЯ КОНВЕРСІЇ МОНООКСИДУ ВУГЛЕЦЮ
Кузнєцов С.І., Салєба Л.В., Івкіна Є.С. 64

ЕМПІРИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРАКТИК ГОСПОДАРЮВАННЯ
ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ УКРАЇНОЮ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ
Курмазенко О.В. 66

Інноваційні платформи та стартапи для агроекологічного моніторингу

Innovative platforms and startups for agroecological monitoring

ФЕРОМОННІ ПАСТКИ ЯК БАЗИСНА КОМПОНЕНТА СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ
АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ШКОДОЧИННОЇ ЕНТОМОФАУНИ В
АГРОЦЕНОЗАХ
Жуйков О.Г., Жуйков Т.О. 71

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗПІЛОТНИХ КЕРОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ МАЙБУТНЬОГО Ключко О.М., Волжин Я.Г.	74
МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАТФОРМИ UKRAINE CROP PRODUCTION MAP ДЛЯ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ Лиховид П.В.	76
ІНТЕГРАЦІЯ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ У ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ІННОВАЦІЙНИХ БІОТЕХНОЛОГІЙ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА Плешко Е.А., Соколов А.В.	78

**Моделі адаптації сільського
господарства до зміни клімату**

**Models for adapting agriculture to
climate change**

ГЕНЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ДОБОРУ МОРФОБІОТИПІВ ЗА КІЛЬКІСНИМИ ОЗНАКАМИ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ПРИ РІЗНИХ УМОВАХ ВИРОЩУВАННЯ

Базалій В.В., доктор с.-г. наук, професор,
Ларченко О.В., кандидат с.-г. наук, доцент
Херсонський державний аграрний аграрно-економічний університет,
м. Херсон, Україна

Вплив ґрунтово-кліматичних і біотичних факторів середовища на процес природного добору суттєво звужує спектр доступної адаптивної фенотипової варіабельності та нерідко спричиняє вибуття генотипів, що мають високу господарську цінність. У зв'язку з цим одним із ключових завдань сучасної селекції є удосконалення методів відбору рекомбінантних морфобіотипів, які дають змогу мінімізувати негативні наслідки елімінації.

Штучний добір повинен враховувати потенційну мінливість фенотипової структури популяцій, що формується під впливом внутрішньо-ценотичних взаємодій. У межах агрофітоценозів продуктивний потенціал окремих морфобіотипів реалізується лише на 10–20%, тоді як до 50% фенотипічної дисперсії зумовлюється відмінностями у конкурентоздатності сортів, що суттєво ускладнює ідентифікацію цінних біотипів за фенотипом.

Вивчення кількісних ознак потребує одночасного врахування впливу абіотичних факторів та модифікаційного ефекту ценотичних умов, які визначають напрям і силу мінливості ростових та продуктивних характеристик рослин озимої пшениці. Це обумовлює необхідність встановлення закономірностей варіювання кількісних показників і характеру їх кореляцій за різних генотипових та екологічних умов формування гібридних популяцій.

Найбільш показовими для встановлення таких залежностей стали дослідни, проведені у контрастні за погодними умовами роки, а також у фітоценозах з різною густиною стояння рослин (30×10 см і 15×5 см) за умов зрошення та без зрошення. Для оцінювання спрямованості змін фенотипових кореляцій у різних ценозах було використано тріадний модуль із результативною ознакою «маса зерна з головного колоса» та компонентами «число зерен у колосі» і «маса 1000 зерен».

Незалежно від року, кореляційні зв'язки між елементами продуктивності та результативною ознакою були значно тіснішими за підвищеної густоти сівби (15×5 см), ніж за розрідженого розміщення рослин, як у зрошуваних, так і в незрошуваних умовах. У роки зі стресовими погодними умовами абсолютні значення кореляцій під зрошенням були дещо вищими, тоді як у сприятливі роки характер взаємозв'язків залишався подібним незалежно від умов вирощування. Це підтверджує можливість прогнозування кореляційних залежностей при зміні ценотичних умов.

Для прискорення добору високопродуктивних низькорослих форм нами проведено експерименти (АС № 1450709), спрямовані на створення гібридних

популяцій шляхом селективного видалення високорослих рослин у фазу цвітіння, починаючи з F_2 . Частина популяції залишали без механічного втручання для оцінки природної елімінації короткостеблових біотипів. Такий підхід забезпечив збереження вихідної густоти посіву та формування умов для більш точного добору бажаних генотипів.

У наступних поколіннях аналогічний метод застосовувався для груп із підрізанням і без підрізання, а прямий добір короткостеблових продуктивних форм розпочинався з F_3 . У результаті вдалося сформувати модельні популяції із рівними частками високорослих і низькорослих біотипів, які мали чіткі маркерні ознаки (остистість, безостість, колір колоскових лусок). Уже після трьох пересівів у варіантах із природним добром спостерігалася суттєва елімінація короткостеблових генотипів та зниження їх продуктивності, тоді як використання модифікованого методу дозволило значно підвищити частку цінних низькорослих форм з високими елементами продуктивності.

Оскільки селекційний успіх у створенні короткостеблових сортів переважно пов'язаний з добром трансгресивних форм, ефективність якого часто обмежена браком теоретично обґрунтованих критеріїв, запропонована методика створення гібридних популяцій забезпечує підвищення частоти їх виявлення, не порушуючи внутрішньоценотичної конкуренції. Адаптивна цінність короткостеблових форм, вилучених за даним методом, становила 1,068–1,121, а трансгресивних – 1,078–1,186, що значно перевищувало природний добір (0,772–0,892).

Таким чином, проведені дослідження підтверджують, що реалізація генетичної програми організму в мінливих умовах довкілля залежить від взаємодії генотипу та факторів середовища, які здатні впливати на темпи розвитку та експресію генів. Аналіз селекційної практики зі створення сортів озимої пшениці свідчить, що генетичний прогрес за врожайністю зумовлюється переважно підвищенням збирального індексу, який визначається сортовими характеристиками, селекційними методами та умовами вирощування.

ВИКЛИКИ НА ШЛЯХУ ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ТА НАПРЯМИ ЇХ ПОДОЛАННЯ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ

Гуторов О.І., доктор економічних наук, професор
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
м. Одеса, Україна

Невизначеність оптимальної моделі сільськогосподарського землекористування в Україні зумовлена складним поєднанням економічних, екологічних, соціальних та правових факторів, які постійно змінюються, особливо в умовах воєнного часу та євроінтеграції. Не існує єдиної "оптимальної моделі сільськогосподарського землекористування в Україні", натомість триває дискусія між різними підходами. Основні напрями дискусії включають: 1) економічна ефективність проти соціальної стійкості. Прихильники моделі агрохолдингів наголошують на високій економічній ефективності, можливості залучення інвестицій, використанні сучасної техніки та технологій, що сприяє збільшенню обсягів виробництва та експорту продукції. Прихильники моделі сімейних фермерських господарств (часто з меншими площами землі) акцентують увагу на соціальному аспекті, зайнятості місцевого населення, розвитку сільських громад, збереженні традицій та більш дбайливому ставленні до земельних ресурсів, що відповідає концепції сталого розвитку; 2) збереження родючості ґрунтів та екологічні аспекти. Інтенсивне сільське господарство, характерне для великих підприємств, може становити загрозу для навколишнього середовища через надмірну розораність земель та використання агрохімікатів. Дискутується необхідність впровадження еколого-економічно обґрунтованих сівозмін, консервації деградованих земель та інтеграції природоохоронних функцій у систему землекористування; 3) правове регулювання та прозорість ринку землі: тривають обговорення щодо вдосконалення правових засад використання земель, регулювання ринку купівлі-продажу та оренди землі; залишається актуальним питання прозорості земельних відносин та запобігання концентрації земель в руках обмеженого кола осіб.

Публічні дискусії з цих питань регулярно проводяться за участі представників аналітичних центрів [1], наукових установ Національної академії аграрних наук України [2], науковців [3], аграріїв та органів державної влади.

Головні виклики на шляху до сталого землекористування в сільському господарстві України можна розділити на декілька ключових груп, що охоплюють наслідки повномасштабного вторгнення, екологічні проблеми та соціально-економічні чинники.

1). Наслідки війни. Повномасштабна війна Росії проти України створила безпрецедентні виклики для сталого землекористування: забруднення та деградація земель – бойові дії, обстріли та використання важкої техніки призводять до фізичного руйнування структури ґрунту, його хімічного забруднення залишками боєприпасів та паливно-мастильних матеріалів;

замінування територій – величезні площі сільськогосподарських угідь залишаються замінованими, що унеможлиблює їхнє безпечне використання та обробіток; знищення інфраструктури та логістики – пошкодження систем зрошення, складів, техніки та труднощі з експортом продукції ускладнюють ведення сільського господарства та перехід до більш сталих методів.

2). Екологічні та агрономічні виклики: деградація ґрунтів – інтенсивне використання земель, відсутність належної сівозміни, надмірне використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин призводять до виснаження та ерозії ґрунтів; забруднення водних ресурсів – стікання агрохімікатів з полів забруднює ґрунтові та поверхневі води; зміна клімату – необхідність адаптації сільського господарства до зміни кліматичних умов (посухи, непередбачувані погодні явища) вимагає впровадження нових, стійкіших технологій.

3). Соціально-економічні та інституційні бар'єри: економічна доцільність – економічна політика часто не спрямована на екологізацію сільськогосподарського землекористування. Аграрії можуть обирати інтенсивні, але менш стійкі методи для максимізації прибутку в короткостроковій перспективі; неефективне використання земельних ресурсів – існують проблеми з управлінням земельними ресурсами, зокрема їхнє не завжди ефективне використання та переважно сировинний характер експорту сільгосппродукції; низький рівень впровадження інновацій – попри наявність сучасних технологій, таких як точне та регенеративне землеробство, їхнє широке впровадження гальмується через брак фінансування, знань або доступу до технологій; правові та регуляторні проблеми – недосконалість правових норм та проблеми з їхнім виконанням, ускладнюють забезпечення охорони земель та сталого управління.

Подолання викликів на шляху формування сталого землекористування в сільському господарстві України вимагає комплексного підходу, що поєднує заходи на державному, регіональному та індивідуальному рівнях. Основні напрямки дій включають: 1) вдосконалення державної політики та правового регулювання: завершення земельної реформи та забезпечення прозорості ринку – необхідно забезпечити повну інвентаризацію земель та прозорі правила ринку землі, що мінімізує корупцію та сприятиме раціональному використанню угідь; стимулювання охорони земель – запровадження економічних стимулів для суб'єктів господарювання, які впроваджують заходи з охорони ґрунтів та підвищення їх родючості та штрафних санкцій за деградацію земель; планування використання земель – розробка та впровадження науково обґрунтованих схем землеустрою на всіх рівнях, що враховують екологічні обмеження та потреби сталого розвитку; адаптація до європейських стандартів: гармонізація українського законодавства із вимогами Європейського зеленого курсу; 2) впровадження екологічно орієнтованих агротехнологій: розумне сільське господарство – використання технологій точного землеробства для оптимізації використання ресурсів; сівозміни та органічне землеробство – популяризація та підтримка багатопільних сівозмін, використання сидеральних культур та органічних методів, які відновлюють структуру та родючість ґрунту; консервація та відновлення ґрунтів – впровадження ґрунтозахисних технологій, а також

заходи з рекультивації та реабілітації земель, пошкоджених внаслідок бойових дій; 3) підтримка малих та середніх фермерських господарств: розвиток сільських територій – сприяння формуванню селозберігаючої моделі розвитку, що передбачає підтримку сімейних фермерських господарств та кооперації, які є основою соціальної стійкості сільських громад; доступ до фінансування та знань – забезпечення доступу фермерів до пільгових кредитів, програм навчання та консультаційних послуг (агрофізичний моніторинг, екологічна експертиза); 4) підвищення свідомості та співпраця: освіта та наукові дослідження – інвестування в аграрну науку та освіту, розробка науково-обґрунтованих рекомендацій щодо використання земельних ресурсів; діалог між зацікавленими сторонами – забезпечення постійної комунікації між державою, наукою, бізнесом та громадянським суспільством для спільної розробки та впровадження ефективних стратегій сталого землекористування.

Подолання цих викликів можливе лише за умови консолідованих зусиль усіх учасників процесу, спрямованих на збереження земельних ресурсів України як національного багатства для майбутніх поколінь.

Література:

1. Огляд ринку землі в Україні (квітень 2024 р.). К.: Київська школа економіки, 2024. URL: <https://kse.ua/ua/research-and-analytics/kse-agrokentrobovyazkovo-publikuye-schokvartalni-oglyadi-rinku-zemli/> (Дата звернення 14.11.2025 р.).

2. Розвиток аграрного сектору та сільських територій в умовах воєнного часу й повоєнного відновлення України : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 28 вер. 2023 р. / Редкол.: Ю.О. Лупенко, М.І Пугачов, О.М. Нечипоренко та ін. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2023. 220 с.

3. Гуторов А. О., Гуторов О. І., Грошев С. В. Управління ефективністю використання земельних ресурсів фермерських господарств: теорія та практика сталого землекористування: монографія / за заг. ред. А. О. Гуторова. Харків: Друкарня Мадрид, 2020. 224 с.

ЕКОНОМІЧНІ МОДЕЛІ АДАПТАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ

Гуторова О.О., кандидат економічних наук, доцент
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Зміна клімату стала одним із ключових глобальних факторів, що на сьогодні визначають умови функціонування аграрного сектору. Економічні моделі адаптації в аграрному секторі становлять комплекс інструментів, механізмів та підходів, спрямованих на мінімізацію фінансових ризиків, забезпечення стійкості виробництва та підвищення економічної ефективності господарювання в умовах кліматичних змін. Їх призначення полягає у тому, щоб сформуванню такої системи прийняття рішень, яка дає змогу агровиробникам ефективно реагувати на непередбачувані коливання погодно-кліматичних факторів, компенсувати потенційні втрати та забезпечувати довгострокову конкурентоспроможність.

Планування та оцінка кліматичних ризиків поступово стають ключовими елементами економічного управління аграрним виробництвом, оскільки зміна клімату формує нові параметри природного середовища та підвищує рівень невизначеності для господарської діяльності. У сучасних умовах кліматичні ризики перестали бути поодинокими проявами екстремальних явищ; вони набули системного характеру, впливаючи на продуктивність земельних ресурсів, цінову кон'юнктуру, собівартість продукції, інтенсивність використання ресурсів та довгострокову конкурентоспроможність підприємств. Саме тому інтеграція кліматичних ризиків у процес економічного планування є необхідною умовою забезпечення стійкості аграрного сектору [1; 4].

Ключовим завданням є включення результатів оцінки кліматичних ризиків у стратегічні, тактичні та оперативні рішення підприємства. Так, на стратегічному рівні – це довгострокове планування структури посівів з урахуванням прогнозованих температурних і гідрологічних змін, оцінка необхідності інвестицій в інфраструктуру стійкості (зрошення, дренаж, біозахист, технології точного землеробства), розробка планів диверсифікації виробництва; на тактичному – формування бюджетів виробництва з урахуванням очікуваної мінливості погоди, страхування аграрних ризиків, використання кліматичних моделей для планування посівних робіт; на оперативному – моніторинг погодних умов у реальному часі, адаптивне коригування норм внесення добрив та режимів поливів, оперативна зміна технологічних операцій при загрозі посухи чи заморозків.

Інтеграція ризик-орієнтованого підходу до системи управління дозволяє підприємствам формувати адаптивні моделі виробництва. Економічна стійкість досягається завдяки: зменшенню втрат від екстремальних явищ; підвищенню продуктивності на основі оптимального використання ресурсів; покращенню фінансової структури підприємства; зниженню залежності від кліматичної мінливості; підвищенню конкурентоспроможності на ринку.

Таким чином, планування та оцінка кліматичних ризиків перетворюються на ключовий елемент системи прийняття економічних рішень, що забезпечує довгострокову стабільність та інноваційний розвиток аграрного сектору.

Одним із важливих економічних інструментів адаптації є агрострахування, що забезпечує компенсацію втрат урожаю або доходів, спричинених несприятливими кліматичними подіями. У сучасних умовах важливою є тенденція переходу від класичних видів страхування до більш складних індексних моделей, де страховий випадок визначається не фактами пошкодження посівів, а параметрами клімату – температурою, кількістю опадів, рівнем ґрунтової вологості. Індексне страхування мінімізує транзакційні витрати, скорочує кількість оглядів посівів і забезпечує швидші виплати. Це робить його більш доступним для малих і середніх фермерських господарств [2; 5].

Окрім страхування, важливою складовою адаптаційних фінансових моделей є використання довгострокових кредитних інструментів, грантових програм, фондів підтримки кліматично стійких технологій, державних компенсацій та міжнародних фінансових механізмів (зокрема тих, що діють у рамках Європейського Зеленого курсу).

Диверсифікація аграрного виробництва є одним із найбільш дієвих механізмів пом'якшення впливу кліматичних ризиків на фінансові результати підприємства. У контексті кліматичних ризиків диверсифікація розглядається не лише як бізнес-стратегія, а як адаптаційний механізм, спрямований на підвищення екологічної, технологічної та економічної стійкості підприємства. Зміна клімату впливає на аграрне виробництво нерівномірно: одні культури стають менш продуктивними через зростання температур, інші – втрачають стійкість до посух або надмірної вологості. В таких умовах спеціалізація на одній або декількох однорідних культурах підвищує уразливість до погодних аномалій, тоді як диверсифікація забезпечує гнучкість та здатність швидкого перерозподілу ресурсів між різними видами продукції.

Диверсифікація зменшує залежність доходів від однієї групи кліматичних факторів, забезпечуючи підприємствам гнучкість у реагуванні на природні коливання. Багаторічні дослідження різних регіонів України показують, що підприємства з диверсифікованою структурою виробництва мають нижчу на 20-35 % мінливість доходів порівняно зі спеціалізованими господарствами. Водночас прибутковість їхньої діяльності є більш стабільною у роки з екстремальними кліматичними умовами.

Формування економічних моделей адаптації потребує ретельної оцінки співвідношення витрат і вигід. Метою такої оцінки є визначення оптимального набору заходів, що забезпечують максимальну стійкість із мінімальними фінансовими витратами. Економічна оцінка ефективності адаптаційних заходів дозволяє визначити економічну доцільність адаптаційних технологій; прогнозувати окупність та рентабельність; моделювати вплив різних кліматичних сценаріїв на економічні результати та обирати найкращий варіант у разі конкуренції між економічними та екологічними цілями.

Інвестиційні моделі адаптації охоплюють проєкти модернізації матеріально-технічної бази, впровадження нових технологій, оновлення парку техніки, встановлення систем зрошення, цифровізацію виробництва тощо. З економічної точки зору такі інвестиції мають подвійну функцію: підвищують продуктивність господарства та зменшують його вразливість до кліматичних ризиків. В сучасних умовах зростає роль «зелених інвестицій», спрямованих на стабілізацію водного балансу, збереження ґрунтів, зменшення викидів парникових газів. В умовах інтеграції України до ЄС економічні моделі адаптації дедалі більше орієнтуються на екологічні стандарти та фінансові інструменти, передбачені політикою Європейського Зеленого курсу [1; 3].

Таким чином, економічні моделі адаптації є ключовим інструментом забезпечення довгострокової стійкості аграрного виробництва в умовах зміни клімату. Вони охоплюють системи прогнозування ризиків, страхові та фінансові механізми, диверсифікацію діяльності, оцінку економічної ефективності адаптаційних заходів та формування інвестиційних стратегій. Комплексне застосування таких моделей дозволяє зменшити вплив кліматичної невизначеності, стабілізувати доходи підприємств і забезпечити їх конкурентоспроможність у майбутніх кліматичних умовах.

Література:

1. Галабурда С. О. Адаптація сільського господарства до глобальних кліматичних змін. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика*: матеріали III Міжнародної наукової конференції. Київ: НУБіП України, 2021. С. 73-75.
2. Жураковська Л. А. Пріоритети політики адаптації агросектору України до зміни клімату. *Аналітична записка Національного інституту стратегічних досліджень*. Київ: НІСД, 2021. 16 с.
3. Панасюк Б. Я. Глобальні зміни клімату та економіка. *Економіка АПК*. 2015. № 11. С. 14–22.
4. Прокопенко К. О., Удова Л. О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*. 2017. № 1. С. 92-107.
5. Удова Л. О., Прокопенко К.О., Дідковська Л. І. Вплив зміни клімату на розвиток аграрного виробництва. *Економіка і прогнозування*. 2014. № 3. С. 107-120.

ОБГРУНТУВАННЯ СТРОКІВ ПОСІВУ СОЇ ТА КУКУРУДЗИ В ЗОНІ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Зосимчук М.Д., кандидат сільськогосподарських наук
Сарненська дослідна станція ІВПіМ НААН, м. Сарни, Україна

Паленко В.В., аспірант

Поліщук О.С., аспірант

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, Україна

Зміни клімату, які спостерігаються в останнє десятиліття, формують нові умови вирощування сільськогосподарських культур. Зокрема в останні роки в зоні Західного Полісся відмічається істотне зменшення кількості опадів в зимовий та ранньовесняний період [1, 2]. Тому з метою максимального використання накопичених зимових запасів вологи в ґрунті сільгоспвиробники коригують строки посіву шляхом зміщення в сторону більш ранніх порівняно із загально прийнятими. Разом з тим, ранні строки посіву в зоні Західного Полісся інколи несуть в собі низку ризиків, пов'язаних перш за все, із загрозою одержання недружніх сходів внаслідок висіву у недостатньо прогрітий ґрунт [2, 3].

В наукових колах обґрунтовано вважають, що у зв'язку з істотним потеплінням клімату рекомендовані до останнього часу строки посіву основних сільськогосподарських культур дійсно потребують уточнення в усіх ґрунтово-кліматичних зонах [2, 3, 4].

Основний критерій настання оптимальних строків сівби для таких теплолюбних культур, як кукурудза та соя – прогрівання 0-10 см шару ґрунту до 10-12 °С. Так, у дослідях Сарненської дослідної станції при висіві кукурудзи при температурі ґрунту на глибині 10 см – 7-8 °С сходи з'явилися лиш на 16-18-й день і були зрідженими, насіння висіяне при температурі 10-12 °С зійшло на 12-14 день, а насіння висіяне при температурі 14 °С – дало сходи на 7-8-й день.

Тому, спираючись на дані багаторічних спостережень за температурним режимом ґрунту на конкретному об'єкті можна достовірно встановити оптимальні календарні строки посіву основних сільськогосподарських основних культур.

Встановлення оптимальних календарних строків посіву таких теплолюбних культур, як соя та кукурудза в зоні Західного Полісся має дуже важливе значення, оскільки по при суттєве потепління клімату, дана ґрунтово-кліматична зона все ще є територією з обмеженими тепловими ресурсами [1]. Тому в даний час вирощувати тут рекомендують переважно ранньостиглі сорти і гібриди сої та кукурудзи.

При визначенні оптимальних строків посіву таких теплолюбних культур, як соя та кукурудза слід орієнтуватись на показники температуру ґрунту на глибині 10 см (рис.).

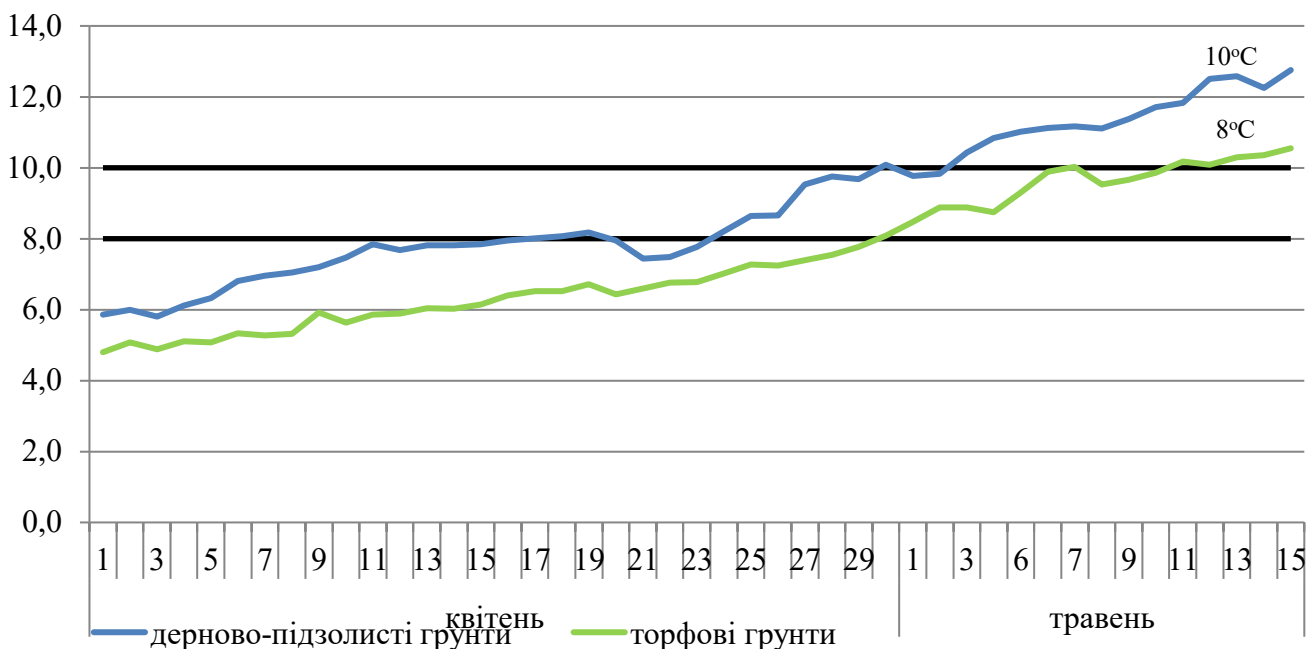


Рис. Температурний режим 0-10 см шару дерново-підзолистих та торфових ґрунтів в умовах Сарненської дослідної станції ІВПіМ НААН, Рівненська обл., (середнє за 2020-2024 рр.)

Спираючись на дані температурного режиму 0-10 см шару ґрунту по метеопосту Сарненської дослідної станції ІВПіМ НААН протягом 2020-2024 рр. на дерново-підзолистих ґрунтах календарні строки посіву кукурудзи наступають в кінці III декади квітня, а на торфових ґрунтах – в кінці I декади травня.

В разі висіву холодостійких гібридів кукурудзи для яких допустимою температурою 0-10 см шару ґрунту є 7-8 °C на дерново-підзолистих ґрунтах календарні строки посіву наступають в кінці II декади квітня, а на торфових ґрунтах – в кінці III декади квітня.

Стосовно сої, то оптимальна температура у 0-10 см шарі ґрунту на дерново-підзолистих ґрунтах в зоні Західного Полісся настає у I декаді травня, а на торфових ґрунтах – у II декаді травня.

Література:

1. Савчук О.І., Приймачук Т.Ю., Штанько Т.А., Меша К.В., Дребот О.В., Кудрик А.П., Цуман Н.В. Агроєкологічний стан ґрунтового покриву Житомирської області в умовах змін кліматичних чинників. *Вісник аграрної науки*. 2025. №4. С. 66-74.
2. Сайдак Р.В., Сорока Ю.В. Перспективи використання меліорованих земель гумідної зони України в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 7. С. 55-59.
3. Тараріко Ю.О, Писаренко П.В, Зосимчук М.Д, Сайдак Р.В, Сорока Ю.В, Лесявська Л.В. Культури лісостепової зони на осушуваних ґрунтах Західного Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2025. № 4. С. 15-24.
4. Примах І.Д. Агрометеорологія. К.: Нілан, 2016. 576 с.

АДАПТИВНІ ПІДХОДИ В СЕЛЕКЦІЇ МАЛОПОШИРЕНИХ ОВОЧЕВИХ РОСЛИН (НА ПРИКЛАДІ *Allium proliferum* Schrad.)

Позняк О.В., молодший науковий співробітник

Дослідна станція «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН,
с. Крути, Чернігівська обл., Україна

Кондратенко С.І., доктор сільськогосподарських наук

Інститут овочівництва і баштанництва НААН,
сел. Селекційне, Харківська обл., Україна

Проведення системних селекційних досліджень з малопоширеними видами овочевих рослин має на меті вирішення декілька супутніх та взаємопов'язаних задач: розширення первинних генетичних колекцій та виділення на їх основі цінних джерел господарсько-цінних ознак; створення високопродуктивних сортів з цінним комплексом споживчих властивостей, що характеризуються високим адаптивним потенціалом до змін клімату, придатних для органічних технологій вирощування; стала інтродукція і залучення у селекційний процес нових видів овочевих рослин для їх імпортозаміщення і незалежності від постачання насіннєвого матеріалу з-за кордону [1].

Основою розширення селекційної бази рідкісних і нетрадиційних видів рослин є адаптивна інтродукція, в основі якої – насіннєва репродукція, дія природного і штучного доборів від покоління до покоління для підвищення адаптації рослин і забезпечення формоутворюючих процесів. Інтродукція забезпечує збагачення генетичних ресурсів, її успіх залежить від ступеня акліматизації рослин, яка розглядається як процес пристосування живих організмів до комплексу умов середовища, які притаманні новій місцевості [2, 3]. Селекція рослин базується на доборі з гетерогенних гібридних популяцій нового перспективного вихідного матеріалу, якій постійно оцінюється на всіх етапах свого створення за стабільністю прояву комплексу господарсько-цінних ознак. Оскільки створений вихідний матеріал є генетичною основою нових сортів, при збиранні колекцій нових видів рослин потрібно підбирати зразки різного еколого-географічного походження з якнайширшим поєднанням господарсько-цінних показників та морфолого-ідентифікаційних ознак. Адаптаційна здатність виду є найважливішим показником можливості формування культигенного ареалу за межами його природного існування [4]. Багаторічними дослідженнями, проведеними вітчизняними і закордонними селекціонерами підтверджено, що дієвим шляхом поширення рідкісних, нетрадиційних видів рослин в якості сільськогосподарських культур є логічне продовження інтродукційного процесу – аналітична і синтетична селекція.

До цінних овочевих рослин належить цибуля багатоярусна (*Allium proliferum* Schrad.). За її вирощування і використання можна значно збагатити асортимент вітамінної продукції, зокрема в несезонний період [5].

Сортимент цього виду в Україні не достатній. Так, у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, станом на вересень 2025 р.

сортів цибулі багатоярусної немає [6]. За результатами досліджень встановлено, що заявки на сорти цього виду для реєстрації в Україні не подавалися. Населення в Україні вирощує переважно місцеві популяції. Отже, робота зі створення вітчизняних сортів в сучасних умовах є актуальною, оскільки забезпечує збагачення сортових ресурсів цибулі багатоярусної саме вітчизняними розробками.

Особливість багатоярусної цибулі – формування замість суцвіття повітряних цибулинок, тому її інколи називають живородною. Цибулинки на стрільці утворюються в декілька ярусів (за належного розвитку рослин і залежно від сортових особливостей – до 4-5). Багатоярусна цибуля – морозо-, зимо- та холодостійка рослина, на одному місці до 5 років (при багаторічній культурі). При цьому щорічно збільшується кількість цибулин у гнізді, а відтак зменшується площа живлення окремих цибулин і рослини в цілому [5].

З метою створення конкурентоспроможних вітчизняних сортів цибулі багатоярусної в установі проведена селекційна робота з цим видом. Селекція цибулі багатоярусної в установі базувалася на клоновому доборі з гетерогенних гібридних популяцій нового перспективного вихідного матеріалу, якій постійно оцінювався на всіх етапах свого створення за стабільністю прояву комплексу господарсько-цінних ознак. Оскільки створений вихідний матеріал є генетичною основою нових сортів, при збиранні колекцій нових видів рослин нами підібрані зразки різного еколого-географічного походження з якнайширшим поєднанням господарсько-цінних показників та морфолого-ідентифікаційних ознак.

За результатами проведених досліджень в установі створені 2 перспективні сорти цибулі багатоярусної, адаптовані до умов Лісостепу і Полісся України, які передані на державне сортовипробування для проведення науково-технічної експертизи з метою реєстрації сортів та прав на них – Борзенка (заявка № 2025141001 від 26.09.2025 р.) та Говерла (заявка № 2025141002 від 26.09.2025 р.).

Урожайність зеленої маси (за осінньої сівби повітряних цибулинок) у сорту Борзенка становить 23,6 т/га, сорту Говерла – 22,4 т/га, що на 31,8 % та 25,1 % відповідно більше за стандарт. За ранньостиглістю виділених сортів Борзенка, початок збиральної стиглості настає на 27 добу після відростання (на 4 доби раніше за стандарт). У сорту Говерла початок збиральної стиглості настає на 34 добу після відростання (на 3 доби пізніше за стандарт).

Характеристика сорту Борзенка: рослина: за висотою на початку стеблування – 68,2 см; кількість листків – 8 штук; ширина листка – 2,0 см; псевдостебло: довжина етиольованої частини – 9,4 см; псевдостебло: діаметр етиольованої частини – 2,1 см; стрілка: за довжиною – 95,2 см; стрілка: висота закладання першого ярусу – 74 см; стрілка: кількість ярусів повітряних цибулинок – 2; стрілка: середня кількість повітряних цибулинок у першому ярусі – 21 штук; стрілка: діаметр у найширшому місці – 2,7 см; діаметр цибулинок у першому ярусі – 2,0-2,2 см; діаметр цибулинок у другому ярусі – 0,9 см.

Характеристика сорту Говерла: рослина: за висотою на початку стеблування – 60,0 см; кількість листків – 6 штук; ширина листка – 1,5 см; псевдостебло: довжина етиольованої частини – 9,2 см; псевдостебло: діаметр етиольованої

частини – 1,6 см; стрілка: за довжиною – 93,8 см; стрілка: висота закладання першого ярусу – 73 см; стрілка: кількість ярусів повітряних цибулинок - 1; стрілка: середня кількість повітряних цибулинок у першому ярусі – 4 штук; стрілка: діаметр у найширшому місці – 2,9 см; діаметр цибулинки у першому ярусі – 2,8-3,2 см.

Отже, створені сорти є кокурентоспроможними на вітчизняному ринку і рекомендовані для освоєння агороформування усіх форм власності та господарювання та у приватному секторі.

Висновок. На Дослідній станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН створені перспективні сорти цибулі багаторусної Борзенка та Говерла, які адаптовані до умов Лісостепу і Полісся України.

Література:

1. Kondratenko S., Pozniak O. Expansion of the gene pool of varieties of underutilized vegetable plant species suitable for organic cultivation technologies. Chapter «Agricultural sciences». *Directions for the development of science in the context of global transformations* : Scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2025. 836 p. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-562-4>. P. 124-154.
2. Рахметов Д. Б. Наукові основи адаптації економічно цінних інтродуцентів та рідкісних рослин. *Адаптація інтродукованих рослин в Україні: монографія* / за ред. Д. Б. Рахметова. Київ : Фітосоціоцентр, 2017. С. 12.
3. Рябчун В. К., Кузьмишина Н. В., Богуславський Р. Л. та ін. Шляхи збагачення Національного генбанку рослин України. *Генетичні ресурси рослин*. Харків, 2014. №14. С. 6–22.
4. Клименко С. В. Нетрадиційні плодові рослини в Україні: інтродукція, селекція, перспективи використання. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 80(2). С. 330–337.
5. Позняк О. В. Цінний вид для вітчизняного овочівництва – цибуля багаторусна. *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки): Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках IX наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2024», 13-14 березня 2024 р., с. Крути, Чернігівська обл.) / ДС «Маяк» ІОБ НААН: у 3 т. Обухів: Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2024. Т. 2. С. 178-184.*
6. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (Дата звернення: 15.09.2025).

**Біотехнології для сільського
господарства**

Biotechnology for agriculture

FERTIS ACTIVE NPK – НОВИЙ РІВЕНЬ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

Болоховський В.В., кандидат сільськогосподарських наук

Болоховська В.А., кандидат технічних наук

Хоменко Т.О., PhD

Красюк Л.М., кандидат сільськогосподарських наук

Біотехнологічна компанія BTU, м. Ладижин, Вінницька область, Україна

Грабовський О.Ю.

Компанія Binfield, м. Київ, Україна

За даними компанії Dunham Trimmer, світовий ринок біопрепаратів у 2023 році оцінювався в \$12,75 млрд, і, за прогнозами, до 2030 року його обсяг зросте майже вдвічі — до \$25 млрд. Таке динамічне зростання відповідає середньорічному темпу (CAGR) на рівні близько 10–11% і зумовлене сукупною дією кількох ключових факторів. По-перше, зростає глобальний попит на сталі та регенеративне землеробство, що спонукає до пошуку альтернатив хімічним пестицидам і мінеральним добривам. Біологічні препарати дедалі частіше розглядаються не як нішеві рішення, а як інтегрований елемент системи управління агроєкосистемами. По-друге, істотний вплив має посилення регуляторних обмежень в ЄС щодо використання синтетичних ЗЗР.

Сучасний розвиток агропромислового комплексу спрямований на впровадження технологій, що мінімізують антропогенне навантаження на довкілля за умови збереження високої продуктивності агроєкосистем. У цьому аспекті ключовим напрямом є створення комплексних мінеральних добрив, збагачених біологічними агентами, що дозволяє подолати основний недолік традиційної хімізації — низький коефіцієнт засвоєння елементів живлення.

У літературі є наукові дані щодо можливості ефективного поєднання агрономічно цінних мікроорганізмів із мінеральними добривами. Так, Ahmad et al. показали, що метод насичення гранул сечовини та діамонійфосфату штамами ризобактерій (PGPR) забезпечує значне зростання врожайності пшениці та підвищення ефективності використання рослинами азоту й фосфору з ґрунту [1]. Автори наголошують на тому, що мінеральна гранула виступає не лише джерелом живлення, а й вектором доставки мікроорганізмів безпосередньо у ризосферу, де створюються оптимальні умови для їх життєдіяльності.

Екологічна складова застосування мікробіологічно збагачених мінеральних добрив детально висвітлена у працях Sas-Paszt et al. Дослідники підтвердили, що такі добрива не лише забезпечують культури (на прикладі суниці садової) елементами живлення, а й суттєво покращують мікробіологічний стан ризосфери, стимулюючи розвиток фосфатмобілізуючих мікроорганізмів [5].

Таким чином, аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що розробка та впровадження комплексних мінеральних добрив, збагачених корисними мікроорганізмами, є одним із найбільш перспективних напрямів сучасного агровиробництва для забезпечення продовольчої безпеки.

Компанії Binfield та BTU об'єднали свій багаторічний досвід, щоб створити високоякісне комплексне добриво FERTIS Active NPK, основою якого є унікальна технологія нанесення спеціально відібраних штамів мікроорганізмів, які рівномірно розподіляються по кожній гранулі добрива. Ця технологічна синергія дозволяє вирішити два завдання одночасно: забезпечити стартове живлення рослин за рахунок легкодоступних форм NPK з гранули та активувати мобілізацію важкодоступних сполук фосфору та калію з ґрунту завдяки ефективній дії нанесених штамів мікроорганізмів.

Для мікробіологічного консорціуму добрива FERTIS Active NPK були спеціально відібрані штами мікроорганізмів: *Bacillus subtilis* (*Bacillus velezensis*), *Bacillus licheniformis*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus mucilaginosus*. Кожен з них виконує певну функцію:

Бактерії, що оздоровлюють ґрунт і зміцнюють імунітет рослин: *Bacillus velezensis* (*Bacillus subtilis*) та *Bacillus licheniformis* – це аеробні бактерії, метаболічна активність яких спрямована на синтез широкого спектру біологічно активних речовин, що виконують функцію стимуляції та підвищують імунітет рослин. Завдяки здатності синтезувати різноманітні бактерицидні та фунгіцидні метаболіти, ці штами виступають природними антагоністами патогенної мікрофлори, забезпечуючи ефективний біоконтроль збудників грибних та бактеріальних захворювань.

Бактерії, що покращують структуру ґрунту: *Paenibacillus mucilaginosus* та *Paenibacillus polymyxa* – це аеробні бактерії, які продукуючи фосфатазу, забезпечують доступність рослинам мінеральних і органічних фосфатів ґрунту. Завдяки секреції широкого спектру фітогормонів, антибіотиків та літичних ферментів, ці бактерії покращують фітосанітарний стан ґрунту, підвищують імунітет рослин та пригнічують патогенну мікрофлору.

Бактерії, що покращують фосфорно-калійне живлення рослин: *Priestia megaterium* (*Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*) – здатні солюбілізувати фосфор, який зв'язаний в органічних і мінеральних сполуках ґрунту. Фізіологічною особливістю цих бактерій є здатність до синтезу специфічного ферменту — силікази, який сприяє деструкції кристалічних решіток ґрунтових мінералів, що призводить до підвищення рухомості та біодоступності кремнію і калію.

Висока стабільність та ефективність добрива FERTIS Active NPK зумовлена використанням спорових форм бактерій, які володіють унікальними адаптивними властивостями. На відміну від вегетативних клітин, ендоспори характеризуються комплексом морфофізіологічних особливостей, що важливо при нанесенні мікробіологічних агентів на мінеральні гранули. Спори бактерій мають багатопарову оболонку, яка захищає їх від висихання та робить стійкими до високої осмотичної концентрації солей мінерального добрива. Це гарантує тривалий термін зберігання препарату без втрати титру життєздатних бактерій та збереження біологічної активності після внесення у ґрунт. Таким чином, нанесення спорових форм бактерій на гранули мінеральних добрив створює

умови для синергії між мінеральним компонентом та біологічним агентом, що забезпечує стабільність живлення рослин протягом усього періоду вегетації.

Для забезпечення виживання мікроорганізмів в процесі нанесення на гранули добрив закладається підвищена концентрація клітин (титр), щоб після внесення в ґрунт забезпечити досягнення високого рівня життєздатних колонієутворюючих одиниць (КУО) на гранулу. Норма нанесення і концентрація компонентів мікробного консорціуму були підібрані науковцями дослідним шляхом. Це дозволило забезпечити максимальну біологічну ефективність нанесення за умови застосування базової норми внесення комплексного добрива 100 кг/га. Мікробна суспензія наноситься на гранули лише після їх охолодження до температури $\leq 35\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$, щоб запобігти термічному пошкодженню. Вологість гранули регулюється так, що підтримує спори у стані анабіозу, при якому їх метаболізм практично припиняється, забезпечуючи стабільність життєздатності під час зберігання. При нанесенні консорціуму не використовується додаткова вода, що дозволяє зберігати спорову форму мікроорганізмів та максимальну їх активність до моменту внесення в ґрунт. Після внесення гранул у ґрунт гранули починають розчинятися, а поживні речовини рівномірно вивільняються. При цьому спори бактерій починають регідратацію, поступово переходять від стану анабіозу до активного росту та проростання, що дозволяє їм колонізувати ризосферу і виконувати свої функції у ґрунті.

При виготовленні таких комплексних добрив, важливим є те, чи зберігаються мікроорганізми на мінеральних гранулах під час зберігання. Результати проведених досліджень підтвердили високу стабільність розроблених форм: спорові культури бактерій роду *Bacillus*, нанесені на мінеральну основу, зберігають свою життєздатність протягом 9 місяців за температурного режиму від 6 до 30 $^{\circ}\text{C}$ (рис.).

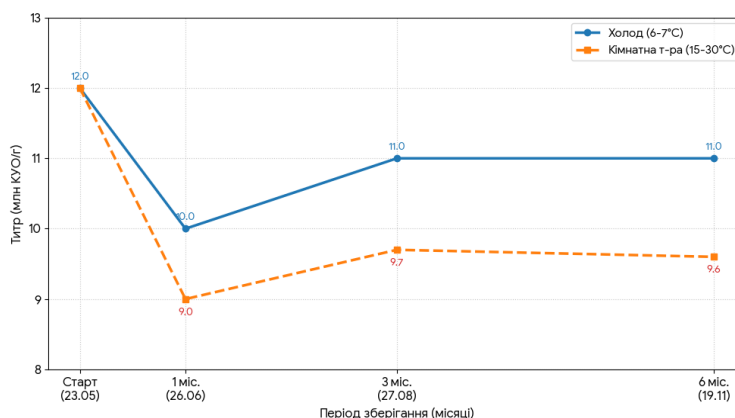


Рис. Динаміка титру бактерій при різних умовах та тривалості зберігання

Таким чином, на основі проведених досліджень та аналізу наукових даних можна зробити висновок, що добриво Fertis Active NPK є інноваційним рішенням, яке відповідає сучасним викликам агровиробництва та вимогам

екологічно безпечного землеробства. Fertis Active NPK дозволить аграріям не лише підвищити продуктивність культур, а й оптимізувати коефіцієнт використання поживних речовин, що критично важливо в умовах стратегії «Від ферми до виделки» та необхідності скорочення норм внесення добрив без втрат урожаю.

Література:

1. Ahmad S., Imran M., Hussain S., Mahmood S., Hussain A., Hasnain M. Bacterial impregnation of mineral fertilizers improves yield and nutrient use efficiency of wheat. *Journal of the science of food and agriculture*. 2017. 97(11), 3685–3690. DOI:<https://doi.org/10.1002/jsfa.8228>.
2. Alori E. T., Glick B. R., Babalola O. O. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*. 2017. 8, 971.
3. Montanarella L., Panagos P. The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal. *Land Use Policy*. 2021. 100. 104950.
4. Rocha I., Ma Y., Vosátka M., Freitas H. Seed and fertilizer coating with beneficial microorganisms: a strategy towards a more sustainable agriculture. *Annals of Applied Biology*. 2019. 175(2), 141-152. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12519>
5. Sas-Paszt L., Smolińska U., Kowalska B., Szczech M., Lisek A., Trzcіński P., et al. Influence of microbiologically enriched mineral fertilizers on selected groups of microorganisms in the rhizosphere of strawberry plants. *Journal of Horticultural Research*. 2021. 29(1). 35–46. DOI: <https://doi.org/10.2478/johr-2021-0005>.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

Пархоменко М.М.^{1,2},

Халеп Ю.М.², кандидат економічних наук

¹Національний університет «Чернігівська політехніка»,

м. Чернігів, Україна

²Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, Україна

Підвищення ефективності агровиробництва в умовах зростання цін на мінеральні добрива та енергоносії актуалізує пошук альтернативних джерел живлення рослин. Одним із напрямів є використання мікробних препаратів, які активізують біологічні процеси у ґрунті, сприяють підсиленню засвоєння рослинами поживних речовин і забезпечують зростання продуктивності культур без додаткового навантаження на екосистему.

Метою дослідження було оцінити економічну ефективність застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування окремих культур і в межах сівозмін, визначивши також економічну окупність добрив.

Дослідження виконано на базі двох сівозмін — зернової та зернокартопляної. Для інокуляції посівного та посадкового матеріалу використовували такі біопрепарати: для пшениці озимої, пшениці ярої та кукурудзи — Поліміксобактерин (на основі *Paenibacillus polymyxa*); для конюшини — Ризобофіт (на основі *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*); для жита озимого — Діазобактерин (на основі *Azospirillum brasilense*); для картоплі — Біогран (на основі *A. brasilense* та фізіологічно активних речовин біологічного походження), для вівса — Мікрогумін (на основі *A. brasilense*); для люпину вузьколистого — Ризогумін (на основі *Bradyrhizobium lupini*). Розрахунок економічної ефективності здійснювали за загальноприйнятими методиками [1–3], на основі порівняння результатів від застосування біопрепаратів із витратами на їхнє використання.

Визначали додатковий прибуток від застосування біопрепаратів, рівень рентабельності та окупність додатковим прибутком додаткових витрат, пов'язаних із застосуванням біопрепаратів. Для об'єктивності оцінки враховували як прямі, так і накладні витрати (вартість препарату, витрати на проведення бактеризації, транспортування додаткового врожаю тощо). Ціни на основні види ресурсів та сільськогосподарську продукцію прийнято на середньому рівні 2023-2024 рр. згідно статистичних даних.

Економічна оцінка показала стабільне підвищення економічної ефективності застосування мікробних препаратів у обох сівозмінах. У зерновій Поліміксобактерин забезпечив приріст урожайності у межах 2,5–17,9 %, додаткові витрати при цьому зростали на 0,2–1,4 %, окупність становила 5,8–29,7 грн/грн. Найвищий ефект зафіксовано на фонах сидеральних добрив (люпин, жито). Ризобофіт забезпечив приріст урожайності конюшини у межах

6–18,5 %, окупність становила 11,1–16,0 грн/грн. Як можна бачити з показників табл. 1, застосування мікробних препаратів у зерновій сівоzmіні сприяло суттєвому підвищенню її продуктивності – на 0,31–0,82 т к.од. із розрахунку на 1 га сівоzmінної площі, або на 5,7–16,1 %. За відносно незначних додаткових витрат у розмірі 113–192 грн./га, або 0,5–1,0 % збільшення прибутку становило 1434–3817 грн./га з їхньою окупністю 12,66–19,90 грн./грн.

Таблиця 1.

Основні розрахункові показники економічної ефективності застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур зернової сівоzmіні (із розрахунку на 1 га сівоzmінної площі)

Варіанти дослідів	Продуктивність без препаратів, т.к.од./га	За використання біологічних препаратів						окупність, грн./грн.
		продуктивність			додаткові витрати		додатковий прибуток, грн./га	
		т.к.од./га	приріст					
			т.к.од./га	%	грн./га	%		
Без добрив, контроль	2,56	2,87	0,31	12,1	113	1,0	1434	12,66
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	4,41	4,93	0,52	11,8	150	0,7	2407	16,08
Сидерат (люпин) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	5,08	5,90	0,82	16,1	192	0,9	3817	19,90
Сидерат (жито) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	5,17	5,94	0,77	14,9	188	0,9	3590	19,11
Гній 10 т/га + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	5,59	5,91	0,32	5,7	117	0,5	1507	12,86
Сидерат (люпин) + гній 10 т/га + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	6,38	6,85	0,47	7,4	147	0,6	2297	15,58
Гній 20 т/га	5,78	6,13	0,35	6,1	118	0,7	1632	13,89

У зерно-картопляній сівоzmіні Біогран забезпечив приріст урожайності картоплі на 8,5–12,6 %. При цьому додаткові витрати, пов'язані із застосуванням біопрепарату, зросли лише на 1,7–1,8 %. Загалом окупність застосування препарату була на рівні 3,94–9,20 грн./грн. Застосування мікробного препарату Мікрогуміну підвищило врожайність вівса на 10–13,6 % за зростання витрат на 0,7–1,3 % та їхньої окупності на рівні 7,5–16,6 грн/грн. Ризогумін забезпечив приріст урожайності люпину вузьколистого на 11,2–15,1 %, за окупності витрат, пов'язаних із його застосуванням, на рівні 7,4–13,5 грн/грн.

Застосування Діазобактерину за зростання витрат на 0,7–1,2 % сприяло підвищенню урожайності культури на 8,9–16,0 %. У результаті окупність препарату склала 7,55–12,56 грн./грн.

Узагальнення показників в цілому по зерно-картопляній сівоzmіні також свідчить про високу економічну ефективність застосування біопрепаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур (табл. 2). Так,

використання біопрепаратів у цілому по сівозміні сприяло помітному підвищенню її продуктивності – на 0,23–0,63 т к.од. із розрахунку на 1 га сівозмінної площі, або на 9,7–13,3 %. За відносно незначних додаткових витрат у розмірі 422–646 грн./га, або 1,4–1,5 % збільшення прибутку становило 1992–6596 грн./га з їхньою окупністю 4,72–10,21 грн./грн.

Меншу економічну ефективність застосування мікробних препаратів зафіксовано у варіантах із внесенням гною в обох сівозмінах, що пов'язано з конкуренцією мікробіоти, інтродукованої до ґрунту з біопрепаратом та гноєм у перший рік дії. Натомість поєднання органічних і сидеральних добрив з мікробними препаратами забезпечувало синергічний ефект.

Таблиця 2.

Основні розрахункові показники економічної ефективності застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур зерно-картопляної сівозміни (із розрахунку на 1 га сівозмінної площі)

Варіанти дослідів	Продуктивність без препаратів, т к.од./га	За використання біологічних препаратів						
		продуктивність			додаткові витрати		додатковий прибуток, грн./га	окупність, грн./грн.
		т к.од /га	приріст					
			т к.од /га	%	грн./га	%		
Без добрив, контроль	1,95	2,18	0,23	11,8	422	1,5	1992	4,72
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	3,64	4,03	0,39	10,7	522	1,4	4029	7,71
Сидерат (люпин) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	3,98	4,49	0,51	12,8	586	1,5	5325	9,09
Сидерат (жито) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	3,92	4,40	0,48	12,2	577	1,5	5124	8,88
Гній 10 т/га + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	4,31	4,77	0,46	10,7	563	1,4	4845	8,60
Сидерат (люпин) + гній 10 т/га + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	4,72	5,35	0,63	13,3	646	1,5	6596	10,21
Гній 20 т/га	4,01	4,40	0,39	9,7	510	1,5	3844	7,54

Отже, застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування культур є економічно доцільним і сприяє зростанню врожайності на 6–16 % у середньому по сівозміні за різних систем удобрення при незначному збільшенні витрат (до 1,5 %). Окупність витрат на біопрепарати становить у середньому 4,7–19,9 грн./грн., що свідчить про високу ефективність їхнього використання.

Найкращі результати досягаються за поєднання мікробних препаратів із сидеральними або мінеральними добривами, тоді як використання лише гною знижує ефективність інокуляції.

Література:

1. Методика випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибель, Д.Д. Січкарьова, М.П. Секунд, О.О. Іващенко та ін.; За ред. С.О. Трибеля. К.: Світ, 2001. 448 с.
2. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві теорія, методологія, практика. Т.1 Теорія ціноутворення та технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур / За ред. П.Т. Саблука, Ю.Ф. Мельника, М.В. Зубця, В.Я. Месель-Веселяка. К., 2008. 698 с.
3. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві теорія, методологія, практика. Т.2 Нормативна собівартість і ціни на сільськогосподарську продукцію / За ред. П.Т. Саблука, Ю.Ф. Мельника, М.В. Зубця, В.Я. Месель-Веселяка. К., 2008. 650 с.

КОНВЕРСІЯ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ ТА РОСЛИННИХ РЕШТОК В ЯКІСНІ ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА

Парієв А.О.¹, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Скляр О.Г.², кандидат технічних наук, професор

Болтянський Б.В.², кандидат технічних наук, доцент

Дробишев О.О.¹, старший науковий співробітник

Філоненко Ю.А.¹, науковий співробітник

¹Запорізький відділ механіко-технологічних проблем в тваринництві та біоконверсії побічної продукції сільськогосподарського виробництва

ІМА АПВ НААНУ, м. Запоріжжя, Україна

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Органічні добрива відіграють важливу роль у підтриманні родючості ґрунтів та підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Не дивлячись на те, що щорічно в сільському господарстві накопичується значна кількість органічних відходів тваринного й рослинного походження, дефіцит органічних добрив на сьогодні є реальним. На основі цього постає актуальним питання нарощування виробництва органічних та органо-мінеральних добрив, які б відповідали сучасним вимогам землеробства й охорони навколишнього середовища, підтримували такий рівень поживних речовин в ґрунті, який забезпечував би не тільки збалансоване живлення рослин та одержання екологічно чистої продукції, а й відновлювали рівень гумусу в ґрунті. Поступове відновлення гумусу в ґрунтах можливе у тому випадку, коли вироблені органічні добрива будуть відповідати сучасним агротехнічним вимогам з відповідними агрохімічними властивостями [1,4].

В ІМА АПВ НААН України створена технологія компостування відходів з додаванням мікробіологічних препаратів, що скорочує строки компостування до 2,5 місяців. При здійсненні процесу компостування використовували мікробіологічні препарати: Мікробіюфіт Органік Агрофірми «Колос» та мікробіологічний препарат Екстракон НУБіП.

На початку процесу компостування визначають властивості компонентів (одноразово, перед виконанням процесу компостування): вологість, вміст азоту та органічного вуглецю. Проводять розрахунки масових пропорцій компонентів перед закладанням на змішування.

Вихідна компостна суміш повинна бути збалансованою за поживними речовинами, які залучаються до мікробіологічних процесів, за співвідношенням вуглецю і азоту ($C:N = 25 \pm 5 : 1$), $pH - 6,0-8,0$ та наявності органіки не менше ніж 75% за сухою речовиною.

Змішування компонентів перед закладанням на компостування повинно виконуватись з розпушуванням суміші до об'ємної структури з пористістю $0,3 \leq \varepsilon \leq 0,6$.

На майданчику з твердим покриттям влаштовують вологопоглинальну основу переважно з подрібненої соломи, яку рівномірно розподіляють розкидачем підстилки, або гноєрозкидачем.

Органічні відходи розподіляються на поверхні вологопоглинальної основи. Подалі здійснюється пошарове укладання пташиного посліду та рослинних решток за пропорціями.

Рослинні рештки завантажують в подрібнювач колісним завантажувачем або екскаватором. Якщо завантаження відбувається за допомогою екскаватора тоді можливо виконати попереднє сортування та відокремити сторонні суміші тобто куски заліза та каміння. Комплектність подрібнювача дозволяє отримати бажаний розмір часток. Подрібнювачі оснащені самохідним приводом, що дозволяє машині рухатися вперед в процесі подрібнювання, так що позаду утворюється валок. Сформований таким чином валок через визначені інтервали часу потрібно перевертати згідно з технологією виробництва компосту, щоб забезпечити оптимальну аерацію та гомогенізацію матеріалу. Після завершення процесу виробництва компосту компост просіюється за допомогою барабанного грохоту, а частки, які виявилися крупніше заданого розміру повертаються для повторного компостування.

Ефективно проводити процес компостування рослинних решток за допомогою біологічного препарату на основі мікробних агентів вирішує проблему відновлення природних ресурсів землі, підвищення її родючості та позитивно впливає на майбутній урожай. Важливим є те, що рослинні рештки, зруйновані мікробами-деструкторами, дозволяють більш якісно підготувати ґрунт під посів наступних культур та оздоровлюють його, знижуючи навантаження шкідливих патогенів та комах [2].

При застосуванні біопрепарату на основі консорціуму ґрунтових мікроорганізмів для компостування 1м³ рослинних решток (листовий опад, солома, рослинні рештки) рекомендована кількість сипучої форми препарату 1 кг.

В процесі компостування необхідно регулярно вимірювати температуру, вологість та біопродуктивність компосту.

Найважливішим критерієм оцінювання ефективності процесу компостування є підтримка температурного режиму. Моніторинг за температурним режимом на початковій стадії компостування (для відпрацювання технологічного режиму) здійснювати не менше одного разу на добу.

У разі зростання температури понад +65°C й відповідному зниженню вологості компостної суміші доцільно провести додаткове зволоження і механізоване перелопачування бурту.

При спаданні після досягнення максимального рівня слід здійснити чергове перелопачування компостної суміші в бурту.

Готові компости повинні відповідати таким вимогам: мати дрібно-грудкувату структуру з розміром часток не більше 20 мм; вологість – від 60% до 70%; невисоку лужність або нейтральну реакцію середовища; вміст органічної

сировини – не менше ніж 75%; співвідношення C:N у межах $15\pm 3:1$; поживних біогенних речовин у легкодоступних для рослин формах – не менше ніж 50%; втрати органічної речовини і азоту під час компостування – не більше ніж 10%; відсутність неприємних запахів [3].

В компостах повинні бути відсутні яйця і личинки гельмінтів, патогенна мікрофлора в небезпечних концентраціях.

Отже, основні вимоги для отримання якісного органічного добрива зводяться до наступного:

- процес компостування органічних відходів та рослинних решток за допомогою мікробіологічних препаратів має відбуватися протягом 2 місяців з початку компостування;
- бурти компосту після зими необхідно піддавати аерації та перемішуванню весною при стійкій позитивній температурі повітря;
- з метою уникнення анаеробних процесів і підвищення ефективності знезараження компосту масу час від часу слід додатково перемішувати;
- інтенсивність зростання температури на стадії саморозігрівання суміші повинна становити від $1,0^{\circ}\text{C}$ до $2,0^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Термін виходу процесу на термофільний режим (більше ніж 50°C) повинен бути у межах від однієї до півтори доби;
- тривалість термофільного режиму, з метою знезараження і дегельмінтизації суміші та позбавлення схожості насіння бур'янів, повинен становити від 5 днів до 7 днів.

Література:

1. Парієв А.О., Філоненко Ю.А., Пати́ка М.В. Експериментальні дослідження біопрепарату Екстракон для отримання компостів з рослинних решток. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник*. Глеваха, 2020. Вип. №12 (111). С. 44-50.
2. Парієв А.О., Філоненко Ю.А., Коротченко Т.М., Вожик Ю.Г., Пати́ка М.В. Визначення закономірностей біоконверсії рослинних решток при компостуванні з використанням мікробіологічних препаратів. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1.
3. Парієв А.О., Філоненко Ю.А. Експериментальні дослідження з приготування компостів на базі органічних відходів та рослинних решток ферм ВРХ з використанням мікробіологічних препаратів. *Механіка та автоматика агропромислового виробництва: загальнодержавний збірник*. Глеваха, 2023. Вип. №3(117). С.134-138.
4. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

АДАПТАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КОРІАНДРУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ: РОЛЬ БІОПРЕПАРАТІВ

Поздняков В.Ю., здобувач ступеня доктора філософії
зі спеціальності 201 «Агрономія»

Грабовецька О.А., кандидат біологічних наук

Петренко С.О., кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
м. Одеса, Україна

Зміни клімату, що проявляються у вигляді підвищення температури повітря, частих посух, дефіциту вологи та деградації ґрунтів, особливо загострюють проблеми вирощування коріандру посівного в різних агрокліматичних зонах України. Північні регіони стикаються з ризиками заморозків і надмірного зволоження, тоді як південні - з гострим дефіцитом вологи та ерозійними процесами. У таких умовах важливим є впровадження адаптаційних стратегій, зокрема застосування біопрепаратів.

В умовах зміни клімату та дефіциту вологи підвищення продуктивності прямих культур є актуальним завданням аграрної науки. Позакореневе підживлення рослин є ефективним агротехнічним прийомом для коріандру (*Coriandrum sativum* L.), особливо у посушливих умовах Південного Степу України, де обмежена кількість ґрунтової вологи і високий ризик стресових чинників. Особливу увагу слід приділити вирощуванню коріандру (*Coriandrum sativum* L.) - культури з високим агроекологічним та економічним потенціалом. Використання біопрепаратів на основі мікробіодоростей дає можливість підвищити стійкість рослин до абіотичних стресів, оптимізувати живлення та зменшити застосування мінеральних добрив.

Сучасні дослідження показують, що застосування біопрепаратів на основі мікробіодоростей сприяє підвищенню фізіологічної активності рослин, стимуляції росту, збільшенню листової поверхні та підвищенню врожайності і якості ефіроолійної сировини [1,2]. Позакореневе підживлення препаратами на основі мікробіодоростей є науково обґрунтованим і економічно ефективним агроприйомом для підвищення ростових процесів, продуктивності та стресостійкості коріандру в умовах Південного Степу України. Це створює передумови для інтеграції мікробіодоростей у комплекс адаптивних технологій, включно з оптимізацією строків сівби та передпосівною обробкою насіння.

Біопрепарати на основі мікробіодоростей та екстрактів морських водоростей стимулюють розвиток кореневої системи, активують антиоксидантні механізми та підтримують фотосинтез, що забезпечує підвищення продуктивності та якісних показників коріандру. Мікробіодорості містять широкий спектр біологічно активних речовин: амінокислоти, полісахариди, фітогормони (ауксини, цитокініни, гібереліни), макро- і мікроелементи, антиоксиданти. При позакореному внесенні ці сполуки швидко всмоктуються через продихи та кутикулу листків, активують фотосинтез і метаболічні процеси,

підвищують синтез білків та накопичення ефірної олії. Позакореневе внесення мікроводоростей підвищує стійкість рослин до абіотичних стресів посухи, високих температур і інтенсивного сонячного випромінювання. Це досягається за рахунок: активізації антиоксидантних систем; підвищення тургору клітин; регуляції транспірації та водного обміну; стимуляції розвитку кореневої системи (що забезпечує кращий доступ до ґрунтової вологи) [1].

Метою дослідження було визначити ефективність окремих та комбінованих біопрепаратів для підвищення стресостійкості та врожайності коріандру, а також встановлення агрохімічного складу ефірної олії коріандру сорту Оксаніт, вирощеного в умовах Півдня України, для подальшого оцінювання її якості, безпечності та потенційного використання у чутливих сферах застосування.

Дослідження проводили на польових ділянках у Південному Степу України (2023–2025 рр.) на сортах Оксаніт та Нектар в умовах Селянського господарства «В.В. Плакущенко» Роздільнянського району Одеської області в рамках завдання 05.00.01.16П Удосконалення технології вирощування технічних культур у кліматично орієнтованому землеробстві № ДР 0124U0001638. Варіанти досліду: контроль (без обробки), окремі обробки: *Chlorella*, *Nostoc M*, Фітомаре та комбіноване застосування *Chlorella* + *Nostoc M* + Фітомаре. Вимірювали: енергію проростання, схожість насіння, висоту рослин, кількість гілок, масу листя, масу 1000 насінин, врожайність, олійність та вміст ефірної олії. Агрохімічний аналіз ефірної олії виконано методом спектрофотометрії та атомної абсорбції у спеціалізованій сертифікованій лабораторії ПП «Аркас», реєстраційний номер: 1830-2. Визначено вміст макро- та мікроелементів, а також сухий залишок, який свідчить про загальну кількість нелетких домішок. Статистична обробка включала середні значення, приріст відносно контролю та дисперсійний аналіз (ANOVA). Погодні умови характеризувалися спекотним літом і нерівномірними опадами, що безпосередньо впливало на продуктивність рослин.

Дослідження показали, що застосування біопрепаратів у поєднанні з оптимальними строками сівби забезпечує підвищення врожайності та якості насіння коріандру. Найбільш перспективними для умов Південного Степу України є сорти Оксаніт та Нектар, які демонструють високу пластичність до кліматичних коливань та добру адаптивність до ґрунтово-кліматичних умов регіону. Протягом 2023–2025 рр. проведено дослідження сортів коріандру Оксаніт та Нектар із застосуванням біопрепаратів на основі мікроводоростей (*Chlorella*, *Nostoc M*) та екстрактів морських водоростей (Фітомаре).

Встановлено ефективність окремих і комбінованих обробок на проростання, розвиток рослин та врожайність. Біопрепарати стимулювали проростання, розвиток кореневої системи, підвищували висоту рослин та масу листя. Вони активували антиоксидантні механізми та підтримували фотосинтез, зменшуючи негативний вплив високих температур і дефіциту вологи. Експериментальні дані свідчать, що регулярне позакореневе підживлення препаратами на основі мікроводоростей збільшує висоту рослин, площу

листової поверхні на 12–18 %, кількість зонтичків на рослині - на 10–15 %, врожайність насіння - на 8–20 %. Крім того, спостерігається підвищення вмісту ефірної олії на 0,2–0,5 % порівняно з контролем. Для коріандру ефективними є 2–3 обробки у фазу 4–6 справжніх листків, бутонізації та початку цвітіння. Оптимальна концентрація препаратів за рекомендаціями виробників і досліджень становить 5–10 л/га, залежно від густоти стояння та сорту.

Найбільш ефективним виявилось комбіноване застосування *Chlorella* + *Nostoc M* + Фітомаре, яке забезпечувало стабільний приріст врожайності на 12–20 % порівняно з контролем. Використання препаратів вирівнювало реакцію сортів Оксаніт та Нектар на несприятливі умови, підвищуючи стресостійкість та стабільність продуктивності.

Ефірна олія коріандру сорту Оксаніт характеризується високим вмістом сірки та наявністю мікроелементів (Fe, Zn), що може позитивно впливати на її антимікробну та біоактивну дію. Дослідження виконано з метою ідентифікації вмісту макро- та мікроелементів, які можуть бути важливими з огляду на харчову, фармакологічну та косметичну цінність ефірної олії. За результатами визначено значний вміст сірки (8,3 г/л), її оксидної форми SO (20,75 г/л), наявність фосфору (0,115 г/л), заліза (6,514 мг/л), цинку (0,689 мг/л), а також низький рівень інших елементів. Олія не містила азоту, калію, кальцію, магнію, бору, хлору чи марганцю у виявлюваній кількості.

Таким чином, біопрепарати на основі мікроводоростей і морських екстрактів підвищують стресостійкість коріандру, стабілізують продуктивність та покращують якість насіння. Комбіноване застосування *Chlorella* + *Nostoc M* + Фітомаре забезпечує максимальний приріст врожайності та стабільність продуктивності у різних погодних умовах. Результати досліджень підтверджують ефективність використання біопрепаратів у інтегрованих та органічних технологіях вирощування коріандру у Південному Степу України.

Література:

1. Дзюба Ю.О., Чорний І.В. Ефірні олії: хімія, біологія, технологія. К.: Наукова думка, 2020. 320 с.
2. Конопльов О.В. Агроекологічні основи вирощування коріандру в північній підзоні Степу України. *Проблеми сучасного землекористування: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених*. Київ-Чабани, 2002. С. 85-86.

БІОКОНВЕРСІЯ ТВЕРДИХ ТА РІДКИХ АГРОВІДХОДІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ БІОДОБРІВ

Скляр Р.В., кандидат технічних наук

Скляр О.Г., кандидат технічних наук

Болтянський Б.В., кандидат технічних наук

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Сучасне сільське господарство генерує значні обсяги органічних відходів, серед яких домінують твердий гній, напіврідкі гнойові стоки, залишки рослинництва, птишиний послід та стічні води агропромислових підприємств. Неефективне поводження з такими відходами призводить до деградації ґрунтів, забруднення водойм та атмосферних викидів парникових газів - насамперед метану і оксидів азоту. Біоконверсія відходів є перспективним напрямом, але оптимальні технологічні схеми, ефективність мікробіологічних процесів, стабільність добрив та їх вплив на ґрунти потребують комплексного наукового аналізу [1, 2].

Біоконверсія передбачає використання мікроорганізмів для трансформації органічних речовин у стабільні, біологічно активні продукти, які можуть застосовуватися як високоефективні добрива. Найпоширенішими технологіями є компостування, анаеробне зброджування, вермікультура та біохімічні процеси ферментації субстратів [2]. Кожна з цих технологій має свої переваги, особливості та сфери застосування, що дозволяє обирати оптимальний метод залежно від типу відходів, їхньої структури та кінцевого призначення добрива.

Компостування є одним із найдавніших методів переробки органічних відходів, який базується на аеробній діяльності мікроорганізмів. У процесі компостування відбувається підвищення температури до 55–70 °С, що забезпечує знезараження патогенів, насіння бур'янів та стабілізацію органічної маси [2]. Компости, отримані зі змішаних агровідходів, характеризуються високим вмістом гумінових і фульвокислот, що позитивно впливає на структуру ґрунту та його водоутримувальну здатність. Однак тривалість процесу - від кількох тижнів до кількох місяців - і залежність ефективності від достатньої аерації можуть обмежувати застосування методу у великих господарствах.

Анаеробне зброджування є більш технологічно досконалим процесом, який дозволяє одночасно отримувати біогаз та рідку/тверду фракцію добрив. Під час ферментації органічна маса трансформується у стабільні мінералізовані сполуки, що легко засвоюються рослинами [3]. Дигестат - продукт анаеробного зброджування - є цінним добривом, яке містить амонійний азот, калій, фосфор і мікроелементи в доступній формі. У порівнянні з сирим гноєм, дигестат має нижчий вміст патогенів, зменшену фітотоксичність та значно менший запах. Додатковою перевагою є можливість подальшої концентрації поживних речовин через сепарацію та сушіння.

Вермікомпостування базується на діяльності дощових черв'яків, які перетравлюють органічні залишки, формуючи гранульований продукт високої біологічної активності. Вермікомпост поліпшує агрегатну структуру ґрунтів, стимулює розвиток кореневої системи та забезпечує тривале вивільнення поживних речовин [4]. Завдяки високому вмісту ферментів, фітогормонів і корисної мікробіоти вермікомпост відносять до біологічних добрив преміум-класу, хоча його виробництво потребує більш делікатного контролю температури та вологості.

Біоконверсія рідких агровідходів - зокрема гнойових стоків та пташиних відходів - включає їх стабілізацію під дією мікробних консорціумів, що знижують вміст аміаку, сірководню та органічних кислот. Сучасні технології біоремедіації дозволяють створювати рідкі біодобрива на основі ферментованих субстратів, збагачені корисними бактеріями, амінокислотами та біологічно активними речовинами. Такі добрива широко застосовуються у системах крапельного зрошення та листового живлення.

Комплексні технологічні лінії, що поєднують кілька видів біоконверсії - наприклад, анаеробне зброджування, сепарацію та компостування твердих залишків - дозволяють максимально ефективно переробляти всі види агровідходів у високоефективні добрива [4]. Такі системи мінімізують викиди парникових газів, знижують екологічне навантаження та підвищують економічну ефективність аграрного виробництва.

Різні методи біоконверсії - компостування, анаеробне зброджування, вермікультура та мікробна ферментація - відрізняються механізмом мікробіологічних процесів, енергетичними потребами, вимогами до сировини й якістю отриманих продуктів (табл.). Аналіз показує, що ефективність кожної технології значною мірою залежить від структури агровідходів, їх вологості, вмісту органічної речовини, співвідношення вуглецю до азоту (C:N), а також від рухливості й доступності поживних елементів для мікробних консорціумів.

Таблиця.

Аналіз основних технологій біоконверсії агровідходів

Показник / Технологія	Компостування	Анаеробне зброджування	Вермікомпостування	Мікробна ферментація
Тип процесу	Аеробний	Анаеробний	Аеробно-аноксичний	Аеробно-факультативний
Тривалість циклу	30–120 днів	20–40 днів	40–90 днів	1–7 днів
Основний продукт	Компост	Дигестат + біогаз	Вермікомпост	Рідкі біодобрива
Збереження азоту	Низьке (20–40%)	Високе (<10%)	Середнє (15–25%)	Дуже високе (<5%)
Якість добрива	Гумусне, довготривалої дії	Найвища біодоступність NPK	Преміальний гумус	Біостимулятор

Показник / Технологія	Компостування	Анаеробне зброджування	Вермікомпостування	Мікробна ферментація
Переваги	-низькі інвестиційні та експлуатаційні витрати; -можливість переробки різнорідних відходів; -формування гумусових речовин і покращення структури ґрунту	-подвійний продукт: біодобриво + біогаз; -високе збереження азоту у формі NH_4^+ ; -високий ступінь знезараження патогенів	-отримання добрива преміум-класу з високою біологічною активністю; -поліпшення мікрофлори та структури ґрунту; -майже повна відсутність запахів	-дуже швидке отримання продукту (1–7 днів); -ефективне використання рідких агровідходів; -формування біологічно активних добрив і стимуляторів
Недоліки	-тривалий цикл; -значні втрати азоту через амоніфікацію; -залежність від умов аерації та вологості	-високі капітальні витрати на ферментери та інфраструктуру; -потреба у точному контролі технологічних параметрів; -можливість інгібування при невдалому субстратному складі	-технологія чутлива до температури та вологості; -непридатність до переробки свіжого або токсичного матеріалу; -низький рівень масштабованості	-низький вміст макроелементів порівняно з дигестатом; -необхідність контролю чистоти процесу; -короткий строк зберігання продукції

Порівняльний аналіз показує, що найбільш універсальною і економічно вигідною технологією є анаеробне зброджування, оскільки воно забезпечує подвійний ефект - енергію та добрива. Компостування залишається базовою технологією для малих і середніх господарств, але характеризується значними втратами азоту. Вермікомпостування формує найвищу якість добрив, однак потребує специфічних умов та не підходить для великих обсягів сировини. Мікробна ферментація є найшвидшою технологією, але її ефективність залежить від якісної підготовки субстрату та точного контролю параметрів. Практична інтеграція кількох технологій (зброджування → сепарація → компостування/вермікультура) забезпечує найвищу комплексну ефективність і відповідає європейській моделі циркулярного агровиробництва.

Література:

1. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.

2. Комар А. С. Огляд методів дослідження та оптимізації машинних технологій утилізації відходів тваринництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 2. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-9>
3. Болтянський Б.В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 1. С. 89-100. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-1-6>.
4. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біоконверсні технології прискореної переробки відходів тваринництва в екологічно безпечні добрива. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. No 3. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-3.

ФОТОБІОНІКА ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ ТЕХНІЧНИХ ТА ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Шаляпін С.М., кандидат технічних наук

ТОВ «Харківська інженерна компанія», м. Харків, Україна

Вегерчук В.В., здобувач ступеня доктора філософії

зі спеціальності 201 «Агрономія»

Поздняков В.Ю., здобувач ступеня доктора філософії

зі спеціальності 201 «Агрономія»

Родіонов А.В., здобувач ступеня доктора філософії

зі спеціальності 201 «Агрономія»

Петренко С.О., кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,

м. Одеса, Україна

Серед сучасних технологій підвищення адаптивності сільськогосподарських культур особливе місце займають методи фотобіоніки – напряму, що вивчає біологічні реакції живих систем на дію світлових стимулів. Одним із перспективних підходів, який нині повертається до наукової та виробничої практики, є фотоактивація (фотостимуляція) насіння – технологія, відома ще з часів наших пращурів, коли насіння традиційно піддавали дії сонячних променів перед сівбою. Сучасні технічні рішення дали змогу відтворити та багаторазово підсилити цей природний ефект [1].

Фотоактивація – це технологічний процес опромінення насіння світловими потоками визначеної інтенсивності та спектрального складу, спрямований на прискорення початкових етапів онтогенезу рослин, підвищення фізіологічної активності проростків, стійкості до абіотичних стресів та продуктивності. Фотоактивація насіння - інноваційний біологічний метод, який стимулює проростання, прискорює розвиток рослин, підвищує їх стійкість до абіотичних стресів та може збільшувати врожайність на 10–35%. Застосування цієї технології дозволяє ефективно підвищити продуктивність технічних та олійних культур та медопродуктивність посівів, що є актуальним для розвитку аграрного сектору та забезпечення продовольчої безпеки в умовах Південного Степу. Фотоактивація є перспективним біологічним методом, який може бути інтегрований у сучасні технології вирощування сафлору з метою підвищення ефективності агровиробництва та сталого використання ресурсів[2,3].

За результатами виробничих та наукових досліджень, застосування фотоактивації забезпечує зростання врожайності на 10–35%, зниження потреби у мінеральних добривах, покращення енергії проростання та вирівняність сходів.

Під дією короткочасного фотостимулюючого опромінення активізуються такі процеси: прискорення обмінних реакцій у зародку; підвищення активності ферментів гідролізу запасних речовин; зміцнення антиоксидантної системи; стимуляція водопоглинання та проростання; формування потужнішої кореневої системи; підвищення толерантності до посухи та температурних коливань [4,5].

В дослідженнях випробовували роторні фотоактиватори серії ФОТОЗОН. Сучасна інженерна реалізація методу здійснюється за допомогою роторних фотоактиваторів ФОТОЗОН, які забезпечують: рівномірне опромінення насіння завдяки роторному механізму перемішування; оптимальний спектральний склад світла (комбіноване випромінювання); щадний режим обробки без нагрівання насіння; можливість обробки широкого спектра культур – від технічних до олійних.

Конструктивні особливості апарату забезпечують достатню інтенсивність фотонного потоку й однорідність дози для кожної насінини, що є критично важливим для стабільності результатів.

Мета дослідження полягала у визначенні впливу фотоактивації насіння на проростання, розвиток рослин, врожайність олійних та технічних культур в умовах Південного Степу України. Завдання дослідження: оцінити вплив фотоактивації на енергію проростання та схожість насіння олійних та технічних культур: дослідити біометричні параметри рослин (висота, розвиток кореневої системи, кількість генеративних органів) при вирощуванні із фотоактивованого насіння: визначити вплив обробки насіння на урожайність та олійність насіння та оцінити доцільність інтеграції фотоактивації насіння у сучасні технології вирощування олійних та технічних культур для підвищення ефективності агровиоробництва.

Дослідження проводилися у 2023-2025 рр. на дослідних ділянках в умовах Селянського господарства «В.В. Плакущенко» Роздільнянського району Одеської області. В досліді проводили фотоактивацію насіння технічних та олійних культур: коріандру, сафлору та соняшнику. Перед сівбою насіння піддавали фотоактивації шляхом опромінення світловими хвилями видимого спектра ($\lambda = 400\text{--}700\text{ нм}$) із заданою інтенсивністю та експозицією. Контрольний варіант - висів насіння без обробки. Досліджували показники: енергія проростання та лабораторна схожість; біометричні параметри рослин (висота, кількість кошиків на рослині, маса насіння з рослини); урожайність та олійність насіння; Облік урожайності проводили згідно з методиками польового досліді.

Коріандр характеризується високою чутливістю до стартових умов розвитку, тому передпосівна фотостимуляція забезпечила: підвищення енергії проростання на 8–15%; скорочення періоду появи сходів на 1–2 доби; формування більш розвиненої кореневої системи; зростання продуктивності на 12–28% залежно від умов року; збільшення вмісту ефірної олії та маси насіння. Фотоактивація коріандру доцільна як на легких ґрунтах Південного Степу, так і за умов дефіциту вологи, оскільки культура сильно реагує на посухостійкі сигнали, індуковані світловим опроміненням.

Фотоактивація насіння сафлору сприяє: покращенню схожості на 5–10%; активізації розвитку кореневої системи у перші тижні; підвищеній толерантності до посухи у фазі 2–5 листків; збільшенню кількості кошиків та маси 1000 насінин; приросту врожаю на 10–22%. Особливо ефективною технологія є в умовах Півдня України, де високі температури та нестача ґрунтової вологи часто обмежують продуктивність сафлору. Фотоактивація

позитивно впливала на ранні етапи розвитку сафлору. Схожість насіння підвищувалась на 5–8% у порівнянні з контролем, енергія проростання - на 10–12%. Рослини, вирощені із фотоактивованого насіння, формували потужнішу надземну масу та більш розвинену кореневу систему. У період бутонізації та цвітіння спостерігалось збільшення кількості генеративних органів - кількість кошиків на рослині зростала на 0,6–1,2 шт., що зумовлювало підвищення врожайності. За результатами дослідів, урожайність сафлору у варіанті з фотоактивацією була вищою на 12–28% залежно від погодних умов року. Вміст олії в насінні зростав на 0,5–1,2%.

Стратегічна олійна культура України демонструє стабільний позитивний відгук на фотоактивацію: прискорення появи сходів; зменшення ураження ґрунтовими патогенами за рахунок посилення імунних відповідей; збільшення діаметра кошика та маси насіння; підвищення олійності; приріст урожаю на 14–35% залежно від гібриду та погодних умов. У поєднанні з технологіями озонування або біопрепаратами на основі мікроводоростей ефект може бути синергічним.

Отже, фотоактивація насіння в межах концепції фотобіоніки є ефективною, екологічно безпечною та енергозберігаючою технологією, що дозволяє суттєво підвищити продуктивність технічних та олійних культур без додаткових витрат на мінеральні добрива чи засоби захисту. Роторні фотоактиватори ФОТОЗОН відкривають можливість широкого впровадження цього методу у виробництво, забезпечуючи стабільність дії та високу якість обробки насіння. Технологія особливо актуальна для Південного Степу України, де питання адаптації до посухи та підвищення ефективності ресурсів стоять найбільш гостро.

Література:

1. Кириченко В. В., Кондратюк С. М. Сафлор як нетрадиційна олійна культура: сучасний стан та перспективи. *Вісник аграрної науки*. 2018. №6. С. 35–40.
2. Фурдичко О. І. Перспективи вирощування сафлору в умовах Степу України. *Аграрна наука та практика*. 2020. Т. 3, №2. С. 48–53.
3. Sabzalian M. R., Saeidi G. Oil content and fatty acid composition in seeds of three safflower species grown in Iran. *Industrial Crops and Products*. 2008. Vol. 27(1). P. 44–47.
4. Singh V., Singh D., Meena S. A comprehensive review on safflower: phytochemistry to pharmacology. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2020. Vol. 10(4). P. 124–135.
5. Zhao L., Liu B., Liang Y. et al. Safflower oil in food applications: stability and health benefits. *Food Research International*. 2016. Vol. 83. P. 132–138.

**Проектні кейси використання
мікробіодоростей та дигестатів,
біоадаптаційні технології**

**Case studies on the use of microalgae
and digestates, bioadaptive technologies**

ФОТОБІОЛОГІЧНИЙ МЕТОД ОЧИЩЕННЯ ТА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТОКІВ ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

Вожегова Р.А., доктор сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН

Петренко С.О., кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
м. Одеса, Україна

Шаляпін С.М., кандидат технічних наук
ТОВ «Харківська інженерна компанія», м. Харків, Україна

На сьогоднішній день в Україні стічними водами зрошується понад 100 тис. га сільськогосподарських земель, серед них змішаними стоками зрошується 70 тис. га, промисловими – 10 і тваринницькими – 20 тис. га. Зрошення орних земель стічними водами є важливим резервом інтенсифікації сільського господарства. Багаторічні дослідження показали, що при систематичному цілорічному зрошенні стічними водами і дотриманні оптимального поливного режиму суттєво підвищується родючість ґрунту, збільшується вміст гумусу, загального і гідролізованого азоту, рухливих форм фосфору і калію тощо. Нагромадження органічних речовин в орному шарі збільшує вологоємність ґрунту і поліпшує її меліоративний стан. Для зрошення орних земель можливо використання стічних вод комунальних підприємств, біологічних фабрик, цукрових заводів, підприємств харчової галузі, тваринних комплексів, птахіфабрик та ін.

Стічні води позитивно впливають на ріст, розвиток, урожайність сільськогосподарських культур та їх якість. Урожайність сільськогосподарських культур при поливі стічними водами підвищується у 2 - 3 рази, а багаторічних трав - у 3 - 5 разів. Зелена маса трав, які вирощені на зрошувальних ланах, містить більше сирого протеїну, золи, кальцію, фосфору і менше цукру порівняно з неполивною травою, що збільшує їх засвоєння до 84 - 96%.

Таблиця 1.

Урожайність і якість зеленої маси кукурудзи при зрошенні [1]:

<i>Варіант</i>	<i>Урожайність зеленої маси, ц/га</i>	<i>Вміст, % на суху речовину</i>			<i>Збір білка, ц/га</i>
		<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	
Без зрошення – контроль	173	1,03	0,61	1,00	3,3
Зрошення чистою водою	289	1,15	0,66	1,14	5,7
Зрошення стічними водами	449	1,27	0,69	1,31	9,6
Зрошення стічними водами + 60 т/га осаду	657	1,30	0,70	1,44	14,9

Кожен рік тільки тваринницькими комплексами України скидається близько 1 млрд. м³ стічних вод. У цьому об'ємі стоків міститься понад 2 млн. т аміачної селітри, більше 1 млн. т калійних і фосфорних солей. Так у 1000 м³ стоків комплексу великої рогатої худоби міститься 180-460 кг азоту, 80-200 фосфору і 350-700 кг калію, що робить ці води відмінним органічним добривом. Але такі води відрізняються великим вмістом патогенних мікроорганізмів, яєць гельмінтів та інших паразитів, що робить їх джерелом небезпечних хвороб. У результаті скидання таких стічних вод у відкриті водойми відзначається прогресуюче забруднення річок, водосховищ і навіть підземних басейнів, води яких у багатьох випадках стають непридатними для споживання. Також необхідно взяти до уваги, що для зрошення сільськогосподарських земель застосовують не тільки стічні води, а і їх осади, які представляють собою цінне органічне добриво. Азот у біомасі осаду стічних вод міститься в основному в змінній і білковій формах, які легко мінералізуються в ґрунті й активно впливають на її гумусовий стан.

Для того, щоб використовувати стічні води для поливу рослин, їх необхідно очистити від грубодисперсних домішок та знезаразити. Варто відзначити що згідно «Порядку повторного використання очищених стічних вод та осаду стічних вод за умови дотримання нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин» (Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури № 1025 від 08.11.2023) стічні води та осад, які використовуються для удобрення ґрунтів та використання як альтернативного виду палива, повинні бути знезараженими.

Серед технологій очищення стічних вод найбільше поширення здобули механічні методи фракціонування і виділення із стоків грубодисперсних домішок шляхом відстоювання, фільтрації чи центрифугування; хімічні – шляхом нейтралізації шкідливих речовин іншими речовинами – меліорантами; фізико-хімічні – для фракціонування і обеззаражування шляхом коагуляції, пінної флотації чи гідролізу; біологічні по аеробному й анаеробному типу – для переробки й обеззаражування з використанням мікроорганізмів; комбіновані методи - які включають елементи механічного, фізико-хімічного й біологічного очищення[2]. Слід відзначити, що жоден із цих методів не забезпечує повного очищення стічних вод. Згідно ВНД 33-5.5-02-97 «Якість води для зрошення. Екологічні критерії» воду вважають придатною для зрошення, якщо вона відповідає таким вимогам: колі-індекс не повинен перевищувати 1000 одиниць в 1 л; індекс колі-фагів не повинен перевищувати 100 одиниць в 1 л; вміст епідеміологічно небезпечних збуджувачів тифу, паратифу, патогенних ешерихій, сальмонел не допускається; вміст життєздатних яєць гельмінтів не допускається.

Тому нашими науковцями та інженерами був розроблений метод фотобіологічного очищення та знезараження стічних вод, який відрізняється універсальністю, екологічністю та економічністю. Суть цього методу полягає у очищенні стічних вод за допомогою мікроводоростей та знезараження очищених стоків за допомогою ультрафіолетового (УФ) опромінення [3].

Завдяки своїй здатності поглинати з води фосфати, азот та інші органічні речовини мікроводорості стають ефективним чинником очищення стічних вод. Здатність мікроводоростей поглинати розчинений у воді вуглекислий газ (CO_2) та виробляти кисень (O_2) збільшують ефективність очищення поєднуючи в собі переваги аеробних та анаеробних технологій біологічного очищення стічних вод, забезпечуючи високу ефективність очищення.

Суть технології. Технологія очищення стоків за допомогою мікроводоростей наступному. Стічні води з тваринного комплексу спочатку проходять всі стадії біологічного очищення, а потім направляються до спеціальних відстійників, де вони контактують з мікроводоростями. В результаті такого контакту здійснюється процес гравітаційної седиментації стічних вод, тобто здійснюється осідання твердих частинок дисперсної фази. Це веде до очищення стоків. Далі очищені стічні води надходять до фотохімічного реактору, де відбувається їх знезараження за допомогою технології активного окислення (ADVANCED OXIDATION PROCESSES) за участю інтенсивного УФ опромінення і активних OH -радикалів, які утворюються під впливом УФ випромінювання:



де UV – ультрафіолетове випромінювання.

Спільний вплив УФ опромінення і активних радикалів дозволяє швидко і ефективно знищувати бактеріальну мікрофлору, яка знаходиться у стоках. А висока окислювальна здатність OH -радикалів дозволяє окислювати важкі метали і органічні речовини які знаходяться у воді, що знижує токсичність знезаражених стічних вод і робить їх безпечними для подальшого використання. Після знезараження очищені стічні води можуть бути використані для поливу рослин або спрямовані у будь-яке водоймище. Осад, який утворюється в результаті контакту неочищених стічних вод з мікроводоростями, підлягає осушенню на центрифугі, або шнековому чи фільтрувальному пресі. Після чого він направляється до знезаражуючих установок, які забезпечать його знезараження за допомогою енергозберігаючої технології озонування.

Технологічний комплекс ФОТОБІОНІКА спеціально розроблений для очищення стічних вод тваринних комплексів з метою їх подальшого використання у якості рідкого та зневодненого органічного добрива. До складу технологічного комплексу входять: відстійники, де відбувається контакт первинних неочищених стоків з мікроводоростями; фотобіологічні реактори, які забезпечують вирощування мікроводоростей; система УФ знезараження очищених стічних вод; установка для зневоднення осаду, яка забезпечує зневоднення осаду до вологості 25-30%; установки знезараження зневодненого осаду озоном.

У якості відстійників можуть бути використані спеціальні басейни або резервуари з бетону, поліетилену або металу (рис. 1). Кількість і об'єм

відстійників залежить від кількості стічних вод, які надходять на очистку. На розміри відстійників впливають штаб, кількість та концентрація мікробіодоростей, які вносяться у відстійники, температура навколишнього середовища та фізико-хімічний склад стічних вод. Тривалість процесу очищення становить 7 – 10 діб. В результаті контакту мікробіодоростей з органічними речовинами, які знаходяться у стічних водах, здійснюється процес очищення стоків. В результаті якого органічні речовини випадають у осадок, а вода стає прозорою і здатною до знезараження УФ опроміненням.



Рис. 1. Контактні резервуари – відстійники

Очищені у відстійниках стічні води направляються до УФ установки, яка забезпечує їх знезараження бактеріцидним УФ опроміненням. Далі знезаражені стічні води надходять до накопичувальних резервуарів, з яких вони розвозяться по ланах, де використовуються для зрошення сільськогосподарських земель.

Для знезараження очищених стічних вод використовуються спеціальні знезаражуючі УФ установки серії ВОДОГРАЙ (для країн ЄС - WATERLIGHT) з вбудованою системою очищення захисних кварцових колб (рис. 2). УФ установки цієї серії мають високу ефективність знезараження і відрізняються простотою і надійністю у роботі [4-6]. УФ знезараження відноситься до однієї з самих ефективних технологій дезінфекції води. До основних переваг цієї технології відносяться: висока ефективність знешкодження всіх типів бактерій,

вірусів, плісняви та інших мікроорганізмів; в результаті спільної дії УФ опромінення і окиснювача забезпечується ефективне знищення небезпечних паразитів, які присутні у стічних водах тваринницьких комплексів; ефективність УФ знезараження залежить тільки від прозорості води, яка знезаражується, та кількості поглинутої бактерицидної енергії; УФ опромінювання не змінює хімічного складу фізико-хімічних властивостей води; знезараження води відбувається практично миттєво, що дозволяє відмовитись від використання контактних камер; УФ знезараження не потребує використання хімічних реагентів; незалежність ефективності знезараження від кислотно-лужного балансу води (рН) і наявності у воді солей жорсткості; низька собівартість УФ знезараження, яка дешевше ніж будь-яка інша знезаражуюча технологія.



Рис. 2. Установки знезараження очищених стічних вод УФ випромінюванням ВОДОГРАЙ [4 -6]

Зневоднення осаду стічних вод можна здійснити на шнекових дегідраторях (рис. 3), або на стрічкових чи камерних фільтр-пресах. Дегідратація здатна забезпечити зневоднення осаду стічних вод до вологості 25-35%.



Рис. 3. Установка зневоднення осаду шнекового типу

Знезараження зневодненого осаду здійснюється за допомогою озону (рег. CAS №10028-15-6) в установках роторного типу серії БОЗОН-М (рис. 4). В установках БОЗОН-М озон виробляється з атмосферного повітря. Для отримання озону потрібна тільки електрична енергія, питомі витрати якої не перевищують 10 кВт·годин/т зневодненого осаду. Озон доволі швидко (протягом кількох десятків хвилин) перетворюється на звичайний кисень і не чинить шкідливого впливу на навколишнє природне середовище.

Технологія знезараження зневодненого осаду озоном об'єднує в собі всі переваги наявних методів фізичного та хімічного знезараження. Висока ефективність знезараження осаду забезпечується високою біоцидною здатністю озону та конструкцією камери знезараження, яка обертається навколо своєї осі. Озон ефективно знищує як патогенні, так і непатогенні мікроорганізми, бактерії, віруси, цисти та інших паразитів. Завдяки високій окиснювальній здатності озон ефективно руйнує токсичні речовини. Озон окислює важкі метали та зменшує токсичність шкідливих речовин, які знаходяться у осаді, перетворюючи їх на менш токсичні. Озонування знищує специфічні запахи, які притаманні стічним водам тваринницьких комплексів.



***Рис. 4. Установка роторного типа БОЗОН-М для обеззараживания
зневодненого осаду озоном [7]***

Зневоднений і знезаражений осад пакується в поліпропіленові мішки (БІГ-БЕГ) і направляється до споживача.

Технічні рішення, які покладені в основу технологічного комплексу ФОТОБІОНІКА, роблять його гарною альтернативою наявним технологічним комплексам очищення та знезараження стоків, які засновані на використанні термічних або хімічних методів знезараження.

Технологічний комплекс очищення та знезараження стоків тваринних комплексів ФОТОБІОНІКА здатний: забезпечити глибоку переробку небезпечних стічних вод тваринницьких комплексів у безпечні органічні добрива; використовувати стічні води тваринницьких комплексів і зневоднений осад для збільшення урожайності сільськогосподарських культур; забезпечити ефективне використання дефіцитної води, яка використовується для зрошення орних земель; зменшити використання штучних мінеральних добрив; захистити навколишнє середовище від забруднення небезпечними відходами тваринницьких комплексів.

Отже, використання очищених стічних вод для зрошення сільськогосподарських земель є одним з найбільш простих і вигідних способів утилізації стічних вод тваринних комплексів. По-перше, це дозволяє економити дефіцитні водні ресурси, які витрачаються для зрошення орних земель. По-друге, використання стічних вод для зрошення сільськогосподарських земель здатне забезпечити: суттєве збільшення врожайності сільськогосподарських культур;

підвищення родючості ґрунту; зменшення споживання мінеральних добрив; зменшення кількості нітратів у сільськогосподарських культурах; утилізацію гною і гнійних стоків; охорону водойм і навколишнього середовища від забруднення; зменшення санітарно-захисної зони навколо тваринницького комплексу.

Найбільш ефективним є удобрювання орних земель очищеними знезараженими стічними водами разом з додаванням знезараженого осаду цих вод. Одним з основних критеріїв використання стічних вод тваринницьких комплексів і їх осаду для поливу орних земель є рівень їх мікробіологічного забруднення. Використання УФ опромінення і озону здатне забезпечити ефективне знезараження очищених стічних вод і зневодненого осаду без використання їх термічної обробки і сторонніх хімічних реагентів. Це робить процес знезараження не тільки ефективним, однак і екологічним. При цьому витрати енергії, яка необхідна для очищення та знезараження стоків і їх осаду, у десятки разів менші, ніж при використанні термічних методів знезараження. Технологічний комплекс ФОТОБІОНІКА здатен забезпечити ефективне очищення та знезараження стічних вод тваринницьких комплексів і їх осаду за допомогою сучасних екологічно безпечних технологій з мінімальними капітальними та експлуатаційними витратами.

Література:

1. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство. URL: <https://buklib.net/books/34325/>
2. СОУ 41.00-37-688:2007. Води стічні та їх осади в тваринництві та птахівництві. Компости на їх основі. Мінагрополітики України. Київ, 2006.
3. Кірсанова В.В. Доцільність обробітку та використання мікроводоростей (*Clorella*) як органічних добрив. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.52>
4. УФ знезараження стічних вод. URL: <https://www.waterlight.pro/uf-znezarazhennya-vody/uf-znezarazhennya-stichnyh-vod/>
5. Шаляпін С.М., Шаляпіна Т.С. Знезараження стічних вод за допомогою ультрафіолетового опромінювання. Частина 1. *Виробничо-практичний журнал «Водопостачання водовідведення»*. 2016. № 5. С. 58–62.
6. Шаляпін С.М., Шаляпіна Т.С. Знезараження стічних вод за допомогою ультрафіолетового опромінювання. Частина 2. *Виробничо-практичний журнал «Водопостачання водовідведення»*. 2016. № 6. С. 42–48.
7. Знезараження осаду стічних вод. URL: <https://www.waterlight.pro/tehnologiyi-dlya-ekologiyi/znezarazhennya-osadu-stichnyh-vod/>

ВИРОЩУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ НА ДИГЕСТАТАХ БІОГАЗОВИХ СТАНЦІЙ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ БІОТЕХНОЛОГІЙ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Петренко С.О., кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Жигайло Т.С., кандидат сільськогосподарських наук

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
м. Одеса, Україна

У межах оновленої Стратегії біоекономіки Європейського Союзу біогазові та біометанові технології визначені одним із центральних елементів переходу до циркулярної, кліматично нейтральної та конкурентоспроможної економіки. Європейська Комісія підкреслює, що біогазові установки фактично є повноцінними біопереробними заводами, які окрім відновлюваної енергії генерують два стратегічні побічні продукти - дигестат і біогенний CO₂, а також широкий спектр інноваційних похідних потоків: е-палива, синтетичний газ, зелений водень, біополімери, біопластики, добрива та хімічні інгредієнти з високою доданою вартістю [1, 2].

Розвиток біоекономіки розглядається як ключова інвестиція в довгострокову стійкість Європи, оскільки базується на науці світового рівня, передових технологіях, потужній промисловій базі та єдиному ринку з понад 450 млн споживачів. Згідно з даними за 2023 рік, у секторах виробництва та переробки біомаси в ЄС було зайнято 17,1 млн осіб, що становить 8 % зайнятості, а створена додана вартість досягла 863 млрд євро (5 % ВВП ЄС). При цьому сектори біоекономіки демонструють динаміку розвитку, що перевищує темпи зростання економіки в цілому: одне робоче місце в біоекономіці генерує до 2,9 додаткових робочих місць у суміжних галузях.

Водночас ЄС визнає, що потенціал біоекономіки використаний лише частково. Основною перешкодою залишається недостатній рівень інвестицій, зокрема у розвиток біогазових комплексів, повторне використання побічних продуктів, інноваційні біоматеріали та біотехнології з високою ефективністю переробки біомаси. Саме тому у межах нової стратегії робиться акцент на залученні приватного капіталу, підтримці сталих рішень у сільському господарстві та розвитку циркулярних моделей, у яких дигестат і CO₂ слугують ресурсною основою для нових біотехнологічних платформ [1,2].

Сучасні тенденції розвитку біоенергетики зумовлюють зростання обсягів утворення дигестату – залишкового продукту анаеробного зброджування органічних субстратів на біогазових станціях. Незважаючи на високу агрономічну цінність дигестату, його надмірне накопичення та нерівномірний розподіл у просторі створюють екологічні ризики, пов'язані з потенційним забрудненням ґрунтів і водойм, викидами аміаку та парникових газів. Тому пошук технологій, здатних одночасно утилізувати дигестат та створювати додаткову біологічну продукцію, є актуальним напрямом наукових досліджень [3].

Однією з перспективних біотехнологій є вирощування мікроводоростей у середовищах, збагачених дигестатом. Мікроводорості ефективно засвоюють азот, фосфор та мікроелементи, одночасно формуючи цінну біомасу для подальшого використання у землеробстві, тваринництві, біоенергетиці та екологічних технологіях.

У світовій літературі описано успішне культивування *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus* на розбавлених дигестатах різного походження – від кукурудзяного силосу, гною ВРХ, свинячого та пташиного посліду до сумішевих субстратів. Дослідники відзначають, що оптимальні концентрації дигестату у живильному середовищі здебільшого становлять 5–20 %, що забезпечує зменшення токсичності, стабільне фотосинтетичне функціонування та інтенсивний приріст біомаси. Ряд робіт підкреслює позитивний вплив попередньої механічної або фізико-хімічної підготовки дигестату: фільтрації, центрифугування, ультрафільтрації, освітлення, регулювання рН.

Водночас недостатньо опрацьованими залишаються питання адаптації окремих видів мікроводоростей до високовмістових дигестатів, оптимізації гідродинаміки відкритих систем культивування, математичного моделювання біопродуктивності та практичного використання отриманої біомаси в агроєкосистемах Півдня України.

Мета дослідження - розробити та оцінити ефективність технології вирощування мікроводоростей на дигестатах біогазових станцій для отримання високопродуктивної біомаси та одночасного зниження навантаження на довкілля за рахунок утилізації надлишкових поживних речовин.

Дослідження проводили у 2022–2025 рр. у відкритих та напівконтрольованих фотобіореакторах в умовах ФГ «У Самвела» Одеській області. Використано дигестати біогазових станцій, що працюють на кукурудзяному силосі, соломі, курячому посліді та свинячому гної. Як об'єкти культивування застосовано штами *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus*, адаптовані до підвищеного вмісту амонійного азоту.

Концентрації дигестату у середовищі становили 2,5–20 %. Визначали: приріст біомаси, концентрацію хлорофілу, коефіцієнт фотосинтетичної активності, зміну рН, вміст азоту та фосфору у середовищі. Моделювання продуктивності проводили шляхом аналізу екологічних параметрів (температура, освітленість, швидкість масообміну) та побудови емпіричних моделей.

Результати досліджень. Оптимальний ріст спостерігався при концентрації дигестату 5–10 %. У цих умовах швидкість приросту біомаси *Chlorella* досягала 0,24–0,31 г·л⁻¹·доб⁻¹, що на 18–35 % перевищувало контроль (класичне мінеральне середовище). *Scenedesmus* демонстрував дещо нижчі показники, але характеризувався стабільністю фотосинтетичної активності навіть при 15–20 % дигестату.

Протягом циклу культивування (3–7 діб) концентрація амонійного азоту в середовищі зменшувалася на 45–70 %, фосфатів – на 35–55 %, що свідчить про високу ефективність біоочищення дигестату мікроводоростями.

Формування біомаси з високою біологічною цінністю. Отримана біомаса містила 42–52 % сирого протеїну, 9–14 % ліпідів, комплекс вітамінів та пігментів. За біохімічним складом вона є перспективною для: виробництва біостимуляторів росту рослин; біодобрив пролонгованої дії; підживлення ґрунтових мікробіомів.

Математичне моделювання біопродуктивності. Побудовані моделі показали, що основними факторами, які визначають продуктивність, є: інтенсивність освітлення ($> 120\text{--}150 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$), температура $22\text{--}28^\circ\text{C}$, концентрація амонію, початковий інокулят та коефіцієнт змішування середовища. Модель дозволяє прогнозувати врожайність біомаси з похибкою 8–12 %.

Отримані результати підтверджують можливість створення циклічних систем, де дигестат служить поживною основою для мікроводоростей, а сформована біомаса - біоактивним добривом, що повертається у ґрунт або використовується для передпосівної обробки насіння. Це відповідає принципам циркулярної економіки, знижує викиди парникових газів та підвищує екологічну стійкість біогазових станцій.

Отже, дигестати біогазових станцій є ефективним та доступним субстратом для вирощування мікроводоростей за умови попереднього розбавлення до 5–10 %. Мікроводорості здатні суттєво знижувати концентрацію амонію та фосфатів у середовищі, забезпечуючи біоочищення та утилізацію дигестату. Біомаса, отримана на дигестатах, характеризується високою біологічною цінністю та може бути використана для створення біопрепаратів для рослинництва. Побудовані моделі біопродуктивності дозволяють оптимізувати умови культивування у промислових системах.

Технологія вирощування мікроводоростей на дигестатах є перспективним інструментом сталого управління відходами та підвищення ефективності агроєкосистем Півдня України.

Література:

1. Крачок Л. І. Новітні технології в сільському господарстві: проблеми і перспективи впровадження. *Сталий розвиток економіки. Міжнародний науково-виробничий журнал*. 2013. № 3. С. 224-231.
2. Паламарчук В. Д., Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Поліщук І. С., Поліщук М. І. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 452 с.
3. Дем'яненко С. І. Інноваційне зростання основа стабільності агропромислового комплексу. *Наука та інновації. Сільськогосподарські і аграрні технології*. 2005. Т. 1. Вип. 1. С. 87-98.

**Біоінтегровані системи, замкнуті
цикли, біокластери**

**Bio-integrated systems, closed loops,
bioclusters**

ФОРМУВАННЯ ЗАМКНЕНИХ ЦИКЛІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОДОЛАННЯ РЕСУРСНОЇ ВРАЗЛИВОСТІ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКИХ АГРОСИСТЕМ

Баруліна І. Ю., доктор філософії (051 Економіка), старший викладач
кафедри землеустрою, геодезії та кадастру
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон/Кропивницький, Україна

Міські агросистеми дедалі активніше інтегруються у соціально-економічний розвиток сучасних міст, виступаючи важливим чинником зміцнення локальної економіки та формування стійкості громад. В умовах війни та післявоєнного відновлення вони набувають особливого значення, оскільки сприяють розвитку локальних систем продовольчого забезпечення, створюють нові робочі місця, підтримують мале підприємництво та знижують залежність міських територій від зовнішніх ланцюгів постачання [1]. Саме тому розвиток міських агросистем розглядається як один із ключових напрямів посилення економічної стійкості міських громад у середньостроковій і довгостроковій перспективі.

Попри зростання кількості міських ферм в Україні, їхній розвиток супроводжується низкою суттєвих проблем. Насамперед, це висока ресурсоемність виробництва, яка проявляється у значному споживанні енергії, води та матеріалів для підтримання технологічних процесів.

Сучасні міські агросистеми здебільшого базуються на традиційних технологіях регулювання мікроклімату, що зумовлює їхню залежність від електроенергії та викопного палива. У зимовий період енергоемність різко зростає, роблячи функціонування таких систем економічно менш привабливим і екологічно неефективним [2]. Цю проблему посилює сучасна ситуація в Україні, де внаслідок обстрілів критичної інфраструктури спостерігаються перебої з електропостачанням, теплом і газом, що створює додаткові ризики для стабільної роботи міських агросистем та підвищує їхню енергетичну вразливість.

Значні витрати формує також використання дорогих імпортних субстратів та мінеральних добрив, що потребують регулярного оновлення і підвищують залежність від зовнішніх постачальників.

Окремим викликом залишається управління органічними відходами, які здебільшого не повертаються у виробничий цикл, а утилізуються, що формує додаткове навантаження на довкілля та знижує потенціал замкненості системи [3].

Ще однією характерною проблемою міських агросистем є низька диверсифікація виробництва. Більшість із них в Україні нині розвиваються за спрощеними бізнес-моделями, орієнтованими на швидкий дохід від обмеженого асортименту культур – переважно зелені, салатів та мікрозелені. Така вузька спеціалізація знижує економічну стійкість господарств та робить їх вразливими до ринкових коливань.

У підсумку сучасні міські агросистеми не виконують тієї продовольчої та економічної функції, яку вони потенційно здатні забезпечувати.

У світовій науковій літературі спостерігається зростаючий інтерес до підвищення енергоефективності та економічної результативності агровиробництва в межах урбанізованого простору. Дослідження [4, 5] підтверджують ефективність пасивних тепличних конструкцій, де архітектурна орієнтація, теплоізоляційні матеріали та рекуперація енергії дають змогу суттєво знизити споживання енергоресурсів. Роботи [6, 7] розкривають потенціал біотермічної рекуперації тепла з компосту як джерела відновлюваної енергії для підтримання мікроклімату в агровиробничих системах. Водночас ці підходи переважно розглядаються окремо, без інтеграції у комплексні моделі міського фермерства. Недостатньо розробленими залишаються й методичні підходи до аналізу внутрішньосистемних потоків енергії, води та поживних речовин у контексті міських агросистем.

Сучасні підходи до циркулярного агровиробництва демонструють значний потенціал для зниження енергетичних витрат, оптимізації ресурсокористування та підвищення економічної віддачі агросистем. Водночас реальне масштабування таких рішень у міському середовищі стримується недостатністю достовірних даних про їхню фактичну ефективність у виробничих умовах.

Одним із перспективних напрямів є створення інтегрованих міських агросистем замкнутого типу, що поєднують різні виробничі модулі у єдиний цикл обігу енергії, води та поживних речовин. Особливу увагу привертають біоенергетичні технології на основі біотермічних процесів, здатні трансформувати органічні залишки у корисну теплову енергію, добрива та вуглекислий газ для підтримання мікроклімату й живлення культур.

Розвиток таких систем відкриває можливості для зменшення залежності міської продовольчої інфраструктури від зовнішніх поставок, покращення управління органічними відходами, зниження навантаження на енергетичний сектор та скорочення вуглецевого сліду. Потенціал циркулярних рішень полягає не лише у зменшенні негативного впливу на міське середовище, а й у формуванні позитивного екологічно-економічного ефекту на рівні територіальної громади.

Системи такого типу здатні створювати нові можливості для локального підприємництва, сприяти розвитку міського фермерства, посилювати продовольчу безпеку та слугувати елементом циркулярної економіки в умовах міста. Їхнє упровадження може стати однією з ключових складових сталого міського розвитку, забезпечуючи раціональну трансформацію ресурсних потоків і підвищення ефективності функціонування міських агропросторів.

Література:

1. Gao P., Xiao S., Mustapa F. D. A comprehensive review of urban agriculture in a changing climate: Technological innovations and policy frameworks. *Climate Risk Management*. 2025. Vol. 49. P. 100732. URL: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2025.100732>

2. Energy consumption as the main challenge faced by indoor farming to shorten supply chains / G. Dauchot et al. *Cleaner and Circular Bioeconomy*. 2024. P. 100127. URL: <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2024.100127>
3. Organic Waste Management and Circular Bioeconomy: A Literature Review Comparison between Latin America and the European Union / S. Bottausci et al. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, no. 3. P. 1661. URL: <https://doi.org/10.3390/su14031661>
4. Castro R. P., Dinho da Silva P., Pires L. C. C. Advances in Solutions to Improve the Energy Performance of Agricultural Greenhouses: A Comprehensive Review. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 14. P. 6158. URL: <https://doi.org/10.3390/app14146158>
5. Ghaderi M., Reddick C., Sorin M. A Systematic Heat Recovery Approach for Designing Integrated Heating, Cooling, and Ventilation Systems for Greenhouses. *Energies*. 2023. Vol. 16, no. 14. P. 5493. URL: <https://doi.org/10.3390/en16145493>
6. Feedstock Characterization for Enhanced Heat Recovery from Composting Processes: A Review / K. O. F. Al-Twal et al. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 23. P. 11245. URL: <https://doi.org/10.3390/app142311245>
7. Bondeson F., Faulkner J., Roy E. Performance of a Compost Aeration and Heat Recovery System at a Commercial Composting Facility. *Journal of Ecological Engineering Design*. 2023. URL: <https://doi.org/10.21428/f69f093e.769abde7>

**Вуглецевий слід, кліматично
нейтральне виробництво**

**Carbon footprint, climate-neutral
production**

БІОХІМІЧНА СКЛАДОВА ПАГОНІВ ВЕРБИ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА УДОБРЕННЯ

Данюк В. О., аспірантка

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України,
м. Київ, Україна

Найважливішими заходами зі створення високопродуктивних плантацій верби є: вибір місця для посадок, ретельний обробіток ґрунту, вибір оптимального для лісорослинних умов лісокультурної площі виду (клону) верби, придатного для вирощування запланованих асортименту і виду садивного матеріалу, сезону і способів садіння, догляд за ґрунтом, внесення добрив та захисту рослин від шкідників і хвороб. Зважаючи на високу порослеву здатність верб, після зрізання вирощеної сировини з порослі формується наступна генерація плантації. Таких генерацій, в залежності від вирощуваного асортименту, може бути від кількох десятків (плантації на прут) до 2–3, за вирощування балансової деревини, пиловника та інших середніх і грубих сортиментів. У зв'язку з цим важливе значення у підтриманні високої продуктивності і стійкості вербових плантацій мають також способи і терміни проведення їх рубок [1, 2].

Для успішної ефективності в цьому напрямку отримування енергетичної вербової сировини важливо враховувати залежність від ґрунтово-кліматичних умов, відбору високопродуктивних в цих умовах видів (сортів) та впровадження ефективних технологічних схем створення, вирощування та експлуатації їх плантацій [3].

Польові та лабораторні дослідження проводили на дослідному полі та в лабораторії Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків упродовж 2023–2025 рр. з двома видами енергетичної верби української селекції – тритичинкової сорту Панфільська та прутovidної сорту Збруч. Дослідження проводили з рослинами верби другого циклу життя – 4–5 роки вегетації. Для садіння заготівлю живців проводили восени та навесні, які були висаджені в квітні 2020 р. Після 3-х років вегетації рослини енергетичної верби скошували та перед початком нового вегетаційного періоду підживлювали аміачною селітрою з нормою витрати N_{105} д.р. на гектар.

Не виявлено закономірного збільшення технологічних якостей в зразках верби на початку вегетації залежно від сортових особливостей як в контролі – без удобрення, так і за підживлення рослин аміачною селітрою. Водночас, застосування мінеральних добрив забезпечило достовірне збільшення окремих показників обох сортів: вміст целюлози сорту Збруч збільшився на 2,28 %, золи на 0,75 %, геміцелюлози на 0,53 %, сорту Панфільська ці показники також достовірно збільшилися.

Застосування добрива сприяло зростанню вмісту азоту на 5–10 %, фосфору – на 5–0 %, а калію – на 2–6 % залежно від сортових особливостей. Вміст хлору та сірки майже не змінювався залежно як від сортових особливостей, так і від внесення добрив.

На завершення вегетації станом на 10 жовтня, коли ріст і розвиток верби призупинився значної різниці з вмісту хімічних елементів за внесення добрив не виявлено обох сортів. Доцільно зазначити, що на закінчення вегетації вміст хімічних елементів був вищим, порівняно з початку вегетації крім кількості сірки, вміст якої не змінився, що є позитивним.

Не встановлено закономірного збільшення технологічних якостей та вмісту основних елементів живлення в пагонах верби на початку вегетації залежно від сортових особливостей як в контролі – без удобрення, так і за підживлення рослин аміачною селітрою. Застосування мінеральних добрив забезпечило значне збільшення в деревині верби золи, целюлози та геміцелюлози.

На завершення вегетації, коли ріст і розвиток верби призупинився, показники технологічних якостей та вміст хімічних елементів були значно вищими, порівняно з початком вегетації, але достовірної різниці залежно від сортових особливостей та внесення аміачної селітри не виявлено, спостерігалася лише тенденція їх збільшення.

Література:

1. Данюк Ю. С., Балагура О. В. Наростання вегетативної маси верби залежно від сортових особливостей та періоду заготівлі садивного матеріалу. *Агробіологія*. 2022. No 2 (174). С. 19–26. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-19-26>
2. Сінченко В.М., Роїк М.В., Фучило Я.Д. та ін. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД». 2015. 340 с.
3. Labrecque M., Teodorescu T. I., Cogliastro A., Daigle S. Growth patterns and biomass productivity of two *Salix* spe-cies grown under short-rotation intensive culture in southern Quebec. *Biomass and Bioenergy*. 1993. Vol. 4, Iss. 6. P. 419–425. [https://doi.org/10.1016/0961-9534\(93\)90063-A](https://doi.org/10.1016/0961-9534(93)90063-A)

РОЗРОБКА КАТАЛІТИЧНОЇ СУМІШІ ДЛЯ КОНВЕРСІЇ МОНООКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

Кузнєцов С.І., кандидат технічних наук,

Салєба Л.В., кандидат технічних наук

Івкіна Є.С., студентка

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Сучасна всесвітня теплоенергетика, агрокомплекс, промисловість і автотранспорт викидає в атмосферне повітря близько 177 млн. т/рік монооксиду вуглецю. На сьогоднішній день це одна з найбільш актуальних сучасних проблем. Основна маса СО утворюється при спалюванні органічного палива.

Монооксид вуглецю – кров'яна отрута, може знаходитись в атмосфері близько півроку до його доокислення в двооксид.

Мета роботи - створення нового низькотемпературного каталізатору для конверсії СО, здатного працювати в запилених димових газах.

У роботі досліджувались характеристики шістнадцяти каталізаторів приготовлених по різним методикам для конверсії монооксиду вуглецю [1].

Теоретично і експериментально досліджені алюміній-цинк-мідь-хромовий каталізатор, у присутності якого протікають реакції:



Отримана максимальна активність каталізатора при вмісті в ньому: Zn – 2%, Cu – 8%, Cr_2O_3 – 6% при співвідношенні між масами каталітично активних речовин, алюмінієвої пудри і цементу 1:2,5:3.

Якщо в газах, які очищуються присутній пил, то він здатний знижувати активність каталізатора. Для запобігання цього явища потрібне попереднє очищення газів від пилу.

Запропоновано проводити конверсію СО у трубчастих реакторах, що не вимагають попереднього очищення газів від пилу [2,3].

У роботі наведені характеристики розробленого каталізатору, вивчений вплив різних факторів на каталітичне окислювання монооксиду вуглецю, отримане кінетичне рівняння окислювання СО.

Монооксид вуглецю інтенсивно окислюється при використанні марганцевих, мідно-хромових каталізаторів, а також каталізаторів, які містять метали платинової групи. З них, велику перевагу мають цинк-мідь-хромові каталізатори. Швидкість реакції гетерогенного окиснення СО на каталізаторах виражається рівнянням:

$$U = K(C_{\text{CO}})^n \cdot (C_{\text{O}_2})^m,$$

де K – константа швидкості реакції;

C_{CO} і C_{O_2} – концентрації оксиду карбону і кисню;

n , m – показники ступеня, що визначають порядок реакції.

Кінематичне рівняння в кінцевому виді представляється лінійною залежністю $U = 2,47\Delta bC_{CO}$. Перший порядок реакції конверсії монооксиду карбону на каталізаторах свідчить про дифузійний характер масообмінного процесу. CO забирає кисень з каталізатора, куди вода одночасно його повертає. Зниження енергетичного бар'єру і температури реакції прискорює конверсію CO до CO₂.

У склад каталітичної маси, крім активних сполук входять алюмінієва пудра, у якості активатора, цемент для зв'язку всіх інгредієнтів і аміачна вода. Завдяки аміачній воді бурно протікає реакція і вивільняється водень, при цьому структура каталітичної маси стає пористою.

Каталізатор характеризується близькими до мідь-марганцевих каталізаторів активністю і механізмом дії. Він стійко працює при наявності водяної пари в безкисневих газах, не схильний до самозаймання при високих температурах, термічно стійкий, легко формується, має високу механічну міцність.

Висновки.

1. Каталізатор для конверсії монооксиду вуглецю має високу продуктивність, активність, вибірковість, механічну міцність, термостійкість, стійкість до каталітичної отрути, малий гідравлічний опір, низьку температуру запалювання, низьку собівартість.

2. Запропоновано метод і прилад для нанесення каталізаторів на внутрішню поверхню труб контактного апарату.

3. Підібрано оптимальний склад, співвідношення каталітично активних речовин, активаторів і носіїв.

4. Розроблено трубчастий контактний апарат-нейтралізатор, здатний працювати в заплених потоках.

Література:

1. Патент на винахід України UA 62855A Україна, МПК 7 B01D47/00, C10K1/00. Спосіб очищення відхідних газів котельних від оксиду вуглецю та пристрій для його реалізації / Кузнецов С.І. (Україна); Заявл.04.09.03; Опубл. 15.12.03, Бюл. №12, 2003.

2. Патент на винахід України UA 62856A Україна, МПК 7B01D47/00, B01D47/08, C10K1/00, C10K1/34. Спосіб очищення відхідних газів котелень текстильних підприємств / Кузнецов С.І. (Україна); Заявл. 04.09.03; Опубл. 15.12.03. Бюл. №12, 2003.

3. Патент на винахід України №67180 МКВ F23J11/00. Пристрій для очищення і утилізації тепла відхідних газів / Михайлик В.Д. Михайлик С.В. Кузнецов С.І. ХДТУ., Бюл. №6, 2004.

ЕМПІРИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРАКТИК ГОСПОДАРЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ УКРАЇНОЮ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ

Курмазенко О.В., аспірант¹,

Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки», м. Київ, Україна

Сучасною тенденцією сталого розвитку суспільства є перехід на засади «зеленої» економіки, яка поєднує економічне зростання з раціональним використанням природних ресурсів, мінімальним забрудненням навколишнього середовища та адаптацією господарської діяльності до зміни клімату. У світлі глобальних екологічних викликів, ледь не головним напрямом їх подолання стає зменшення вуглецевого сліду та досягнення кліматично нейтрального виробництва. Аналіз впровадження інноваційних практик іноземного та вітчизняного досвіду, сформувавши мету дослідження, пропонуючи ефективні управлінські рішення для функціонування національної господарства.

Загальновідомо, що основою сучасної екологічної економіки, особливо в секторах сільського господарства, енергетики, промисловості та логістики є:

1. Вуглецевий слід (carbon footprint), що представляє собою загальний обсяг парникових газів (переважно CO₂), виділених безпосередньо чи опосередковано під час виробничих процесів, транспортування, споживання тощо.

2. Кліматична нейтральність (carbon neutrality) – стан, коли кількість викидів парникових газів дорівнює їх абсорбції (через відновлювані джерела енергії, лісовкриті площі, технології поглинання вуглецю тощо).

Для кращого розуміння інноваційних практик «зеленої» економіки у світі потрібно звернути увагу на досвід країн Європейського Союзу. Наприклад, одним із досягнень Євросоюзу є створення Системи торгівлі вуглецевими квотами (EU ETS) – економічного механізму, що примушує підприємства платити за кожен тону CO₂ [3].

Також не менш важливою для Європи є зелена угода (European Green Deal) про кліматичну нейтральність до 2050 року та вуглецевий кордон (CBAM) [1]. Останній, передбачає собою, ввізне податкове регулювання, що захищає європейських виробників від «імпорту вуглецю», а саме продукції з високим карбоновим слідом. На нашу думку, це створює пряме стимулювання експортно орієнтованим країнам, таким як Україна, переходити на екологосберігаючі технології.

Наступні інноваційні досягнення ЄС представлені в аграрному секторі зокрема впровадження цифрових систем точного землеробства, що оптимізують внесення добрив і використання технічних ресурсів, зменшуючи при цьому викиди N₂O. Оксид азоту є одним з найнебезпечніших парникових газів, тому їх накопичення в атмосфері сприяє посиленню державної підтримки країнами

¹ Науковий керівник: д.е.н., с.н.с. ННЦ «Інститут аграрної економіки» Козак О.А.

Європи впровадження біогазових установок в агропідприємствах з переробки органічних відходів на енергію.

Цікавим також є досвід Данії, де органічне виробництво становить близько 10 % від загальної площі країни, що в результаті фіксує вуглецевий слід значно нижче, порівнюючи з іншими конвенційними європейськими фермами.

У той же час, серед інших країн світу, заслуговує уваги досвід Канади, що запровадила у свою фіскальну політику карбоновий податок, який зростає щороку. Проте, частина коштів повертається її громадянам у формі «екологічного дивіденду», що, на нашу думку, робить політику соціально справедливою. Також для канадських фермерів, що переходять на енергоефективні технології, в країні існують програми рефінансування цієї модернізації.

Щодо вітчизняного досвіду, то Україна робить лише перші кроки до зеленої трансформації економіки та має значний потенціал у її реалізації. Наприклад, низка великих аграрних компаній таких як «Меридіан», «Астарта» та «Нібулон» почали впроваджувати в свою господарську діяльність системи управління енергоспоживанням, використовувати відновлювану енергію (сонячні електростанції на території елеваторів), вести моніторинг вуглецевого сліду своєї продукції.

Проєкт «Зелений експорт» [2] від Мінекономіки та USAID допомагає українським підприємствам адаптуватися до СВАМ шляхом впровадження енергоаудиту, цифровізації та заміни викопного палива. Так, на окремих фермах у Чернівецькій, Тернопільській та Житомирській областях запроваджені біогазові установки, що використовують гній та побічні продукти, що не лише зменшує викиди метану, а й забезпечують власне енергопостачання. Також, Холдинг «Колос» (Черкаська область) впровадив систему відновлюваної енергії на базі сонячних станцій потужністю 15 МВт, що дозволило знизити викиди CO₂ на 8,5 тис. тонн на рік. Фермерське господарство «Екоземля» (Тернопільська обл.) перейшло на органічне виробництво картоплі та овочів й отримало сертифікацію EU Organic, що дало доступ до високомаржинальних ринків ЄС.

Проєкт «Green Field» [4] (за підтримки UNDP) допомагає вітчизняним фермерам вимірювати вуглецевий слід за допомогою мобільного додатку, що враховує витрати палива, добрив і води.

Водночас, для успішної інтеграції в глобальну економіку на екологічних засадах, на нашу думку, доцільно б запровадити низку успішних заходів (табл.), впровадження яких стане конкурентною перевагою України на світових ринках, особливо з урахуванням СВАМ.

Заходи для інтеграції України в глобальну екологічну економіку*

Інституційні заходи	Фінансові інструменти	Технологічні рішення
1. Розробити Національну методологію обліку вуглецевого сліду для сільськогосподарської продукції, зокрема для озимих культур, а також картоплі та овочів. 2. Створити платформу зелених сертифікатів, яка б підтверджувала низький вуглецевий слід агрпродукції для експорту	1. Ввести «зелені» кредити з преференційними ставками для фермерів, які: ○ встановлюють сонячні панелі; ○ впроваджують крапельне зрошення; ○ переходять на органічне виробництво. 2. Запровадити систему субсидій за скорочення викидів, аналогічно канадській моделі.	1. Широке впровадження точного землеробства (GPS-технології, дрони, IoT-сенсори), що дозволяє знизити витрати палива, добрив і, відповідно, вуглецевий слід. 2. Розвиток інфраструктури зберігання та переробки, щоб зменшити втрати продукції (особливо овочів), що призводить до додаткових викидів.

*Джерело: складено автором

Разом з тим ще існують проблеми та виклики у вигляді відсутності національної стратегії з обліку вуглецевого сліду для сільгосппродукції, обмеженого доступу малого бізнесу до фінансування для «зеленої» модернізації і недостатній правовий каркас для стимулювання кліматично нейтрального виробництва, які потребують нагального вирішення.

Тож, проведене дослідження зарубіжного досвіду демонструє, що «зелена» економіка становить собою не лише екологічну, а й стратегічну економічну вигоду. Для України, як одного з найбільших експортерів сільгосппродукції в ЄС, адаптація до вимог СВМ та зменшення вуглецевого сліду є не вибір, а необхідність. Об'єднання передових світових практик з вітчизняними ініціативами дозволить нашій країні не лише уникнути торговельних бар'єрів, а й стати лідером екологобезпечного аграрного виробництва в Європі.

Література:

1. Механізм вуглецевого коригування імпорту. *Bikinedia*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%B7%D0%BC%D0%B2%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%86%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83 (дата звернення: 16.11.2025).

2. Підсумки форуму: «Зелений» експорт України оцінюється у \$350 млн і продовжує зростати. *Greencubator*. URL: <https://greencubator.info/ecoinnovations-post-release/> (дата звернення: 16.11.2025).

3. Як європейська система торгівлі викидами (ETS) та механізм регулювання вуглецю на кордоні (СВАМ) вплинуть на Україну. *Екодія*. URL: <https://ecoaction.org.ua/evro-systema-ets-ta-cbam.html> (дата звернення: 16.11.2025).

4. Greenfield Project. *ProductPlan*. URL: <https://www.productplan.com/glossary/greenfield-project/> (date of access: 16.11.20205).

**Інноваційні платформи та стартапи
для агроекологічного моніторингу**

**Innovative platforms and startups for
agroecological monitoring**

ФЕРОМОННІ ПАСТКИ ЯК БАЗИСНА КОМПОНЕНТА СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ШКОДОЧИННОЇ ЕНТОМОФАУНИ В АГРОЦЕНОЗАХ

Жуйков О.Г., доктор сільськогосподарських наук, професор
Жуйков Т.О., здобувач вищої освіти ОКР «Бакалавр»
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Кропивницький, Україна

Прогноз фітосанітарного стану посівів і насаджень сільськогосподарських культур є основою інтегрованих систем захисту рослин. Головне завдання ентомологічного прогнозу полягає в завчасній оцінці ступеню загрози урожаю від шкідників, обґрунтуванні доцільності, оптимальних строків та економічної ефективності заходів захисту рослин, що дає змогу суттєво раціоналізувати застосування хімічних засобів захисту рослин, що має економічне, екологічне та соціальне значення [1]. Існуюча класифікація видів прогнозу (багаторічний, довгостроковий, або річний, короткостроковий або сигналізація) не втратила актуальності і за умов ринкової економіки. Короткостроковий прогноз дозволяє значно скоротити витрати на пестициди за рахунок їх високої ефективності проти найбільше уразливих стадій в розвитку шкідливих організмів. Головною складовою заходів упередження надзвичайних ситуацій у фітосанітарному стані є ефективні інструменти виявлення та надійного достовірного прогнозування масового розмноження та шкідливості фітофагів. В останні роки в практиці захисту рослин все більш практичного значення у регулюванні чисельності комах набуває еколого-поведінковий підхід, де одним із способів управління поведінкою комах для обмеження їх чисельності є застосування приваблюючих пасток. В сучасних системах інтегрованого захисту широко застосовують феромонні пастки [2].

Феромонний моніторинг за останні десятиріччя став основним і найбільш рентабельним способом вчасного виявлення, контролю розповсюдження і оцінки динаміки чисельності шкідників порівняно з існуючими методами – візуальні обстеження, розкопки та інші. Застосування феромонних пасток для виявлення і спостереження за розвитком шкідників відрізняється простотою, безпечністю і ефективністю їх застосування, вони дозволяють оперативно і вчасно прогнозувати появу шкідливої стадії фітофагів, контролювати динаміку чисельності на місцевому і регіональному рівнях та приймати рішення щодо оптимальних строків і обсягів проведення захисних заходів. Однією з важливих переваг феромонного моніторингу є вчасність виявлення карантинних та шкідливих організмів. В Україні феромонні пастки широко застосовуються для виявлення, локалізації і знищення вогнищ східної і персикової плодожерок, картопляної молі, каліфорнійської щитівки, західного кукурудзяного жука, каштанової молі та багато інших. Як свідчить практика, застосування феромонного моніторингу для нагляду за розвитком шкідників дає змогу на 20-30% зменшити хімічні обробки, та підвищити продуктивність праці на 75%, а собівартість робіт знизити на 70% [3]. На сьогодні існують найбільш досконалі

та технологічні системи моніторингу, які базуються на використанні феромонних пасток. Феромонна пастка – абсолютно екологічно безпечний пристрій для визначення поширення та динаміки чисельності того чи іншого шкідника. Вона складається з хімічної принади та картонного або пластмасового корпусу, на який нанесено тонкий шар ентомологічного клею. Хімічна принада (0,1-2 мг) є синтетичним аналогом природного феромону самиць. Синтетичний феромон – надзвичайно летка сполука, яка повністю випаровується з принади за 30-40 днів. Природні феромони комах – це хімічні речовини, які виділяють у навколишнє середовище комахи і викликають специфічні, або фізіологічні зворотні реакції у особин цього ж виду. Висока біологічна активність та специфічність їх дії дає змогу віднести феромони до препаратів, які є важливим елементом в системі захисту рослин. Прийоми управління поведінкою комах на основі феромонів в системі пошуку нових способів захисту рослин в останні роки набули широкого розвитку. Для захисту рослин використовують, головним чином, синтетичні полові атрактанти, які визивають у особин, чутливих до них, направлений рух до джерела запаху. Точніше кажучи, синтетичний атрактант шкідника рослин – це синтетичний аналог природного атрактивного феромона. Висока біологічна активність синтетичних атрактантів дозволяє використовувати їх в спеціальних пастках для відлову комах. Важливою перевагою, яку дає використання пасток, є можливість контролювати рівень чисельності популяції шкідників на великих територіях впродовж вегетаційного періоду. Визначаючи кількість особин, які потрапляють в пастки на визначеній території в різні періоди сезону, можливо робити висновки про відносну кількість шкідника та сезонну динаміку його розвитку та чисельності. Інформативність і надійність моніторингу за допомогою феромонних пасток дозволяє обґрунтувати і розробити технології інструментального моніторингу, які значно скорочують трудовитрати на обстеження, дозволяють підвищити оперативність і надійність обліків. Отримана за допомогою феромонних пасток інформація є значущою складовою ефективних програм - систем інтегрованого захисту рослин від шкідників, які поєднують в собі використання комплексу біологічних, хімічних, агротехнічних заходів. Такі системи захисту базуються на визначенні чисельності та вивченні біології шкідника в агроценозах, що є основою для обґрунтування цілеспрямованості проведення захисних заходів [4].

Складова база феромонного моніторингу включає три основні частини: інструментальну, технологічну й інформаційну. Основний елемент інструментальної частини є феромонний комплект (пастка і препаративна форма синтетичного феромону конкретного виду комах), що має забезпечувати фізико-хімічні параметри феромонного сигналу самиці. Технологічна – включає технологію застосування феромонних пасток в агроценозі: строки та схеми розміщення щодо кормових рослин і площі насаджень, проведення обліків, заміна клеєної поверхні і диспенсерів. Інформативна частина включає аналіз даних про вилов комах феромонними пастками, біотичних і абіотичних факторів, що впливають на активність льоту і приваблення комах, просторової і часової структури популяції шкідника і на їх основі прийняття рішення про доцільність і оптимальні строки захисних заходів. Такий комплексний підхід щодо

ефективності сучасного феромонного моніторингу, дозволяє забезпечити отримання об'єктивної інформації про динаміку чисельності та стан популяції шкідника в агроценозі. Традиційна розробка феромонного моніторингу ведеться переважно методом оптимізації кількості пасток на одиницю площі і стандартизації вилову комах. Стандартизація вилову полягає у відпрацюванні прийомів, що нівелюють вплив конструктивних особливостей пасток, атрактивності препаративних форм феромонів, погодних умов та інших факторів.

На сьогодні практика застосування феромонних пасток у практиці сільськогосподарського виробництва здійснюється за наступними напрямками, а саме:

- для виявлення осередків шкідливих видів і уточнення їх ареалів;
- для нагляду за розвитком популяцій шкідливих або корисних видів, встановлення строків початку льоту та спостереженням за його динамікою;
- для виявлення рівнів щільності популяції шкідника та його рівня шкідливості;
- для сигналізації термінів проведення захисних заходів;
- для зниження чисельності шкідників шляхом спільного використання з інсектицидами або збудниками хвороб або запобігання реалізації їх репродуктивного потенціалу [5].

Крім того, абсолютно реальним сценарієм є і самостійне застосування феромонних пасток у захисті с.-г. культур:

- зниження чисельності шкідників методом створення «самцевого вакууму» (відлов в пастки самців);
- дезорієнтація самців, тобто порушення феромонного зв'язку між статями (неможливість пошуку самиці самцем);
- методом сумісного використання феромонів з хемостерілянтами в пастках (для зниження чисельності шкідників шляхом спільного використання з інсектицидами або збудниками хвороб, або запобігання реалізації їх репродуктивного потенціалу) [5].

Література:

1. Білик М.О., Кулешов А.В. Практикум з фітосанітарного моніторингу і прогнозу. Харків, 2006. 228 с.
2. Красиловець Ю. Г. Наукові основи фітосанітарної безпеки польових культур. Харків: Магда LTD, 2010. 416 с.
3. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур: навч. посіб. / С.В. Станкевич, І.В. Забродіна, Ю.В. Васильєва та ін.; Харків. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 624 с.
4. Писаренко В. В., Писаренко П.В. Захист рослин: Фітосанітарний моніторинг, методи захисту рослин, інтегрований захист рослин. Полтава, 2007. 256 с.
5. Станкевич С.В. Управління чисельністю комах-фітофагів: навч. посіб. Харків: ФОП Бровін О.В., 2015. 178 с.
6. Станкевич С.В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: навч. посіб. / С.В. Станкевич, І.В. Забродіна. Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. 216 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗПІЛОТНИХ КЕРОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ МАЙБУТНЬОГО

Ключко О.М., кандидат біологічних наук (біофізика), доцент
Волжин Я.Г., бакалавр технічних наук, студент
Державний Університет «Київський Авіаційний Інститут» МОН,
м. Київ, Україна

В сучасних умовах сільське господарство України характеризується рядом особливостей, які необхідно враховувати для його подальшого прогресивного розвитку. Застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА, дрони) є потужними технологіями, які стали інтенсивно розвиватись в Україні у останні роки [1]. Як показує історичний досвід, часто технології, розроблені для військових потреб, на наступних етапах розвитку із успіхом застосовують у практиках мирного життя людей. Саме такою є і можливість застосувати БПЛА у сучасному сільському господарстві, для його модернізації, підвищення ефективності та подальшого прогресивного розвитку загалом.

Із природних характерних рис, важливих для сільського господарства України, можна назвати великі території нашої країни, а також різноманітність форм рельєфу. Якщо говорити про технологічні характеристики, що стосуються застосування дронів у аграрному секторі економіки нашої країни, то для цього необхідною передумовою є налагодження у сільській місцевості стабільного високоякісного мобільного зв'язку, принаймні за стандартами 3G, 4G. Стандарт 5G може стати доцільним натеper на ланках керування, окремих високотехнологічних етапах виробничих процесів тощо. Особливістю є те, що і природні характерні риси, і технологічні характеристики тісно між собою пов'язані. Існування якісного покриття по всій території є необхідною умовою й забезпечується мережею вишок, проте складний рельєф місцевості, інші чинники часто перешкоджають створенню такої достатньо досконалої структури з ефективним виконанням функцій. В Україні хороше покриття по всій території неможливо було здійснити навіть в умовах мирного життя у віддалених гірських, або болотистих районах. Натеper, за наявності військових дій, ситуація ще більше ускладнюється постійними пошкодженнями мережевих та інших систем зв'язку.

Отже, для вирішення задач сільського господарства України ми бачимо створення безпіотної керованої системи (БПЛА/дрон) як оптимальне рішення. Метою виконаної роботи було створення поліфункціональної системи БПЛА для забезпечення зв'язку, передачі даних та транспортування невеликих гуманітарних вантажів за екстремальних умов. Застосування LTE/MIMO може бути використане з хорошими результатами [2-4]. Для забезпечення якості підтримки галузі, передачі великих обсягів даних (зображень, окремих результатів) в умовах відсутності стабільної інфраструктури бажано використовувати комунікаційні технології LTE (4G) та MIMO (Multiple-Input Multiple-Output). У екстремальних умовах БПЛА може бути використаний як ретранслятор зв'язку [3, 4]. Ключовою функцією такої системи є використання

БПЛА як мобільної платформи, як ретранслятора зв'язку (на базі 4G/LTE), що дозволяє: а) встановити високоякісний зв'язок, наприклад, між робочою бригадою в полі, на фермі, та віддаленим центром керування (консультацій); б) забезпечення високої швидкості та надійності передачі даних (завдяки MIMO) для проведення дистанційних консультацій (телеконсультацій) без затримки. Для цього було розроблено необхідне програмне забезпечення. Конструктивна система повинна включати програмне забезпечення для автоматичного польоту до заданої точки, утримання висоти для максимізації зони покриття зв'язком, з можливістю автономного функціонування в екстремальних умовах. Практична цінність такого комплексу полягає у підвищенні результатів функціонування аграрного сектору. Крім того, впровадження дронів значно скорочує час доставки критично важливих елементів (пестицидів, інших речовин, окремих предметів тощо), боротьбу зі шкідниками. Також робить можливим та, за необхідності, покращує якість консультативних послуг фермерам, робітникам у польових умовах завдяки стабільному якісному зв'язку.

Сучасний рівень розвитку технологій застосування БПЛА дозволяє успішно вирішити ці ситуації [1-4]. У своїх роботах автори пропонують поєднати в єдиний функціональний комплекс такі елементи, як наземна базова станція, та (принаймні) два дрони над поверхнею землі. За такою конфігурацією системи дрон, «зависаючи» над територією, де відсутнє покриття, може сам його створювати (роль «вишки»), може забезпечити передавання сигналу. Таким чином, можна утворити безпілотний керований комплекс для забезпечення якісного зв'язку там, де це раніше було неможливим (складність рельєфу, особливості природних умов (лимани, болота), наслідки проведення військових дій, природні лиха, екстремальні ситуації тощо). Отже, застосування модифікованих технологій за участю БПЛА, безпілотних керованих комплексів, дозволить значно розширити спектр виконуваних функцій; має удосконалити, підвищити у майбутньому ефективність сільського господарства країни.

Література:

1. Shutko V. N., Moskalenko B. D., Klyuchko O. M., Fomenko N. S. Programmed module for transportation of humanitarian medical cargo by drones in extreme conditions. *Electronics and Control Systems*. 2025. №3 (85), Pp.74-79.
2. Shutko V. N., Fomenko N. S., Klyuchko O. M., Kolganova O. O. The latest means of communications based on LTE and MIMO technologies in 3G, 4G networks: application for contemporary biomedical practice in rural Ukraine. *Electronics and Control Systems*. 2024. №1(79). Pp. 60-69.
3. Patent US 9,896,049 B1 "Relay drone system". Inv: Haofeng Tu (CN), Appl: Pinnacle Vista L.L.C. CA (US). (Dec,5, 2017). Application 15/588,282.
4. Patent US 11,902,007 B2 "UAV-supported mobile communication network". Inv: Mustafa Al Tamini (US), Appl: DISH Wireless L.L.C. (US). (Feb,13, 2024). Application 17/409,322.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАТФОРМИ UKRAINE CROP PRODUCTION MAP ДЛЯ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Лиховид П.В., доктор сільськогосподарських наук
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
м. Одеса, Україна

В умовах бурхливого розвитку геоінформаційних технологій розробка комплексних інтерактивних карт продуктивності сільськогосподарських культур на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є надзвичайно актуальним завданням сучасної аграрної науки.

Такі карти забезпечують науково цінну, оперативну, динамічну і просторово деталізовану інформацію для моніторингу стану посівів, прогнозування врожайності, управління земельними ресурсами, підтримки продовольчої безпеки та принципів сталого розвитку в сільському господарстві [1].

Основою розробки сучасних інтерактивних електронних карт є інтеграція реальних польових даних із даними супутникового моніторингу. Карти продуктивності, створені на базі ДЗЗ, широко використовуються для оцінки росту і розвитку культур, прийняття оперативних і стратегічних управлінських рішень у сфері аграрної, екологічної та продовольчої політики, динамічного моніторингу впливу змін клімату та використання земельних і водних ресурсів.

Останні науково-технічні розробки активно поєднують супутникові дані з різних сенсорів (таких як MODIS, Landsat, Sentinel) із методами машинного та глибокого навчання. Це дозволяє підвищити точність та масштабованість картографування посівів та оцінки врожайності, надаючи надійні результати з високою роздільною здатністю і майже в реальному часі на значних територіях [2]. Використання хмарних платформ на кшталт Google Earth Engine полегшує великомасштабне інтерактивне картографування, знижуючи обчислювальне навантаження та спрощуючи інтеграцію різних джерел даних.

Актуальність розробки інтерактивної карти продуктивності в Україні та світі зумовлена необхідністю:

- Забезпечення продовольчої безпеки та раціонального управління агроресурсами в умовах кліматичних змін.
- Поєднання супутникових вегетаційних індексів (NDVI, EVI, NDMI тощо) із фактичними даними про врожайність для підвищення точності оцінок і прогнозів.
- Створення ефективного інструменту для сталого сільськогосподарського планування на регіональному та національному рівнях.

Таким чином, розробка інтерактивної карти продуктивності сільськогосподарських культур є важливим кроком до підвищення ефективності агровиробництва, адаптації до кліматичних викликів та впровадження принципів сталого розвитку в аграрній політиці. Отже, нашим завданням була розробка інтерактивної електронної карти продуктивності основних сільськогосподарських культур в Україні за інтеграції даних дистанційного

зондування Землі та алгоритмів математичної статистики та машинного навчання.

Реалізацію завдання виконували із залученням технологічного стеку для веб розробки, що включає HTML5, CSS3 та JavaScript. Функціонал карти «Ukraine Crop Production Map» включає наступні інструменти (крім візуалізації динаміки продуктивності основних сільськогосподарських культур по регіонах України та відповідних регіональних величин параметрів NDVI, EVI, AEZI, NRI, тощо):

- 1) Кореляційні матриці Пірсона.
- 2) Аналіз тренду за Манн-Кендаллом та побудова прогнозів методами ковзного середнього та експоненційного згладжування.
- 3) Лінійні парні та множинні регресійні моделі продуктивності культур залежно від величини індексів дистанційного зондування.
- 4) Глосарій та теоретичні відомості про технології, індекси, параметри та методи, використані для розробки карти.
- 5) Візуалізації багаторічної динаміки агрокліматичних показників (середньорічна температура повітря, річна сума опадів, потенційна евапотранспірація, середньорічний індекс аридності) за період 1946–2024 рр.

Розроблена інтерактивна електронна карта є інноваційною онлайн платформою, що поєднує супутникові, статистичні та агрокліматичні дані з методами математико-статистичного аналізу і машинного навчання для оцінки та прогнозування стану агроєкосистем. Завдяки функціоналу візуалізації трендів, побудови регресійних моделей та прогнозування показників вона виступає повноцінним науково-аналітичним інструментом нового покоління. Практична цінність карти полягає в інтеграції великих масивів сільськогосподарських та екологічних даних у зручний інтерфейс для підтримки обґрунтованих рішень у агрономії, агроєкології та аграрній політиці. Таким чином, інтерактивна карта «Ukraine Crop Production Map» є не лише візуалізаційним засобом, а й багатофункціональною платформою для міждисциплінарного аналізу, що відкриває можливості для наукових досліджень, освіти та практичного використання аграріями в умовах кліматичних змін і необхідності сталого розвитку сільського господарства.

Література:

1. Karthikeyan L., Chawla I., Mishra A. A review of remote sensing applications in agriculture for food security: Crop growth and yield, irrigation, and crop losses. *Journal of Hydrology*. 2020. Vol. 586. P. 124905.
2. Machichi M., Mansouri L., Imani Y., Bourja O., Lahlou O., Zennayi Y., Bourzeix F., Houmma I., Hadria R. Crop mapping using supervised machine learning and deep learning: A systematic literature review. *International Journal of Remote Sensing*. 2023. Vol. 44. P. 2717–2753.

ІНТЕГРАЦІЯ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ У ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ІННОВАЦІЙНИХ БІОТЕХНОЛОГІЙ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Плешко Е.А., кандидат юридичних наук, координатор проєктів
Соколов А.В., член координаційної ради
ГС «Всеукраїнське об'єднання інноваційно-космічних кластерів»,
м. Одеса, Україна

Сучасні космічні місії, зокрема Sentinel-2 та Landsat дозволяють здійснювати моніторинг та виступають ефективним інструментом, який за даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космічних апаратів забезпечує подальший прогрес сільськогосподарського виробництва.

Наявні інструменти космічного моніторингу застосовуються для аналізу низки критично важливих параметрів.

Зокрема, це оцінка стану ґрунтів та вологості. Для цього використовуються дані мікрохвильових радарів (SAR), як-от Sentinel-1, які проникають через хмари та рослинність і чутливі до вмісту води у верхніх шарах ґрунту. За основу береться індекс NDMI (з використанням SWIR каналів Landsat та Sentinel-2), який опосередковано відображає вологість.

Важливою є спроможність оцінки й складу ґрунтів з відповідним картографуванням вмісту органічних речовин та інших параметрів ґрунту шляхом аналізу спектральних каналів.

Також космічний моніторинг дозволяє у режимі реального часу оцінювати здоров'я рослин та водний стрес.

Загальний стан здоров'я оцінюється за допомогою вегетаційних індексів NDVI, EVI, GNDVI, зниження яких у період вегетації бавовни може вказувати на початок стресу.

Наприклад, розрахунок вегетаційних індексів (BI) для бавовни, як і для більшості сільськогосподарських культур, базується на унікальних спектральних властивостях рослин: високому відбиванні у ближньому інфрачервоному діапазоні (NIR) та сильному поглинанні у червоному (Red).

Існують як універсальні, так і спеціалізовані ВІ, що застосовуються для моніторингу бавовни:

Індекс	Призначення	Формула (Спектральні канали)	Оцінка для бавовни
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	Загальна густина та здоров'я біомаси.	$(NIR - Red) / (NIR + Red)$	Найбільш універсальний, але схильний до насичення при високій щільності покриття.
NDRE (Normalized Difference Red Edge Index)	Вміст хлорофілу та азоту.	$(NIR - Red\ Edge) / (NIR + Red\ Edge)$	Ефективний для пізніх стадій росту бавовни, коли NDVI насичується. Sentinel-2 має канали Red Edge , що робить його ідеальним для цього індексу.
MSAVI / SAVI (Modified/Soil Adjusted Vegetation Index)	Оцінка посівів на ранніх етапах , коли ґрунт сильно впливає на сигнал.	MSAVI: (складна формула з NIR та Red)	Зменшує вплив ґрунтового фону, що важливо для рядкового посіву бавовни.
NDMI (Normalized Difference Moisture Index)	Вміст вологи в рослинності та водний стрес.	$(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$	Використовує середній інфрачервоний діапазон (SWIR), критично важливий для діагностики посухи.
BARI / BORI (Boll Area/Opening Rate Index)	Спеціалізовані індекси	(Формули на основі NIR, Red та Green)	Нові індекси, розроблені спеціально для оцінки статусу розкриття коробочок бавовни наприкінці сезону перед збиранням.

Дані NDMI та теплового діапазону (Thermal Infrared, TIRS) із супутників Landsat дозволяють оцінити температуру покриття, значне підвищення якої порівняно з нормою є прямим індикатором, зокрема, водного стресу.

Револьюційний потенціал має перспектива місії FLEX (Fluorescence Explorer). Флуоресценція хлорофілу, яку вимірюватиме FLEX, є найбільш раннім і точним показником стресу, оскільки вона відображає фактичну ефективність фотосинтезу ще до того, як зміни стануть видимими на індексах NDVI чи NDMI, що забезпечує безпрецедентну точність у діагностиці стану бавовнику.

Високу наукову та практичну цінність має програма FLEX, в якій супутник, як частина програми Earth Explorer та тандем з Sentinel-3, призначений для вимірювання флуоресценції хлорофілу рослин. Флуоресценція є прямим індикатором ефективності фотосинтезу та реального здоров'я рослин, що робить її більш точним показником стресу, ніж традиційні індекси.

Поєднання даних флуоресценції FLEX із даними Sentinel-3 (температура поверхні, індекси вегетації, динаміка) дозволяють отримати повну картину функціонального стану рослинності.

Космічні інструменти легко справляються й з виявленням проблемних ділянок посівів. Висока просторова роздільна здатність Sentinel-2 (10 м) дає змогу виявляти локальні аномалії (проблемні ділянки), спричинені хворобами, шкідниками або нестачею добрив.

Важливою є можливість оцінки фактичної врожайності.

Розроблено спеціалізовані індекси, що використовують BARI/BORI на основі Sentinel-2 та дозволяють оцінити ступінь розкриття коробочок бавовника перед збиранням, що є прямим показником готовності врожаю.

Можливим є прогнозування врожайності бавовни не прямим вимірюванням, а моделюванням, оскільки існує висока кореляція між показниками вегетаційних індексів (NDVI, EVI) на критичних етапах росту, особливо в період цвітіння та формування коробочок, та кінцевою врожайністю.

Іншим важливим напрямом, опрацьованим ГС «Всеукраїнське об'єднання інноваційно-космічних кластерів», постає проєкт біологічної ремідації водойм Миколаївщини, який опрацьовується спільно з управлінням екології та природних ресурсів Миколаївської ОВА за допомогою комплексу зелених мікроводоростей *Scenedesmus* та *Chlorella vulgaris*.

Для ефективного контролю та оптимізації процесу біологічної ремідації ми інтегруємо передові технології космічного моніторингу та дані ДЗЗ. Це дозволяє здійснювати об'єктивний, широкомасштабний та регулярний контроль за станом водойм і ефективністю застосування хлорели.

У цьому проєкті космічний моніторинг дозволяє оцінювати та контролювати біоремідацію з використанням в якості контрольних усіх 116 водойм Миколаївщини та прилеглих акваторії, включаючи важкодоступні райони.

Регулярне отримання даних ДЗЗ (наприклад, із супутників Sentinel-2, як це було зроблено у дослідженні ОДЕКУ 2021 року, або інших комерційних супутників з вищою роздільною здатністю) надає змогу оперативно відстежувати зміни в динаміці за ключовими показниками «цвітіння» води з визначення площ та інтенсивності процесу для синьо-зелених водоростей за концентрацією хлорофілу "а" та спектральними характеристиками води, прозорості та мутності, оцінкою рівня завислих речовин у воді, індикацією присутності різних типів водоростей або забруднень за кольором води, змін гідрологічного режиму водойм.

Порівняння даних ДЗЗ до, під час та після застосування мікроводоростей дозволяє об'єктивно оцінити зниження інтенсивності «цвітіння» та загальне покращення стану води, при одночасній оптимізації ресурсів. Завдяки ДЗЗ можна точніше планувати місця внесення суспензії мікроводоростей, контролювати її поширення та визначати зони, що потребують повторної обробки.

Висновок. Наявні інструменти космічного моніторингу (Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat) та розроблені наукові методики дозволяють проводити комплексну та економічно ефективну оцінку багатьох ключових гідрологічних та агрономічних показників, стану ґрунтів та врожайності, що критично важливо для точного землеробства в умовах кліматичних змін.

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції

**«БІОАДАПТАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В АГРОЕКОСИСТЕМАХ МАЙБУТНЬОГО»**

27 листопада 2025 року

*Тези друкуються в авторській редакції з мінімальними технічними правками.
Автори несуть відповідальність за дотримання вимог академічної доброчесності,
зміст і достовірність представлених матеріалів.*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН
вул. Маяцька дорога, 24, смт Хлібодарське
Одеський район, Одеська область
Україна, 67667
e-mail: icsanaas@ukr.net, сайт: www.icsanaas.com.ua

Materials of the International Scientific and Practical Conference

**"BIOADAPTIVE TECHNOLOGIES IN
FUTURE AGROECOSYSTEMS"**

November 27, 2025

The abstracts are published in the authors' original version with minimal technical corrections.

The authors are responsible for adhering to the requirements of academic integrity, as well as the content and accuracy of the presented materials.

Institute of climate-smart agriculture of NAAS
Khibodarske, Maiatska doroha, 24
Odesa District, Odesa Region
Ukraine, 67667
e-mail: icsanaas@ukr.net, website: www.icsanaas.com.ua