

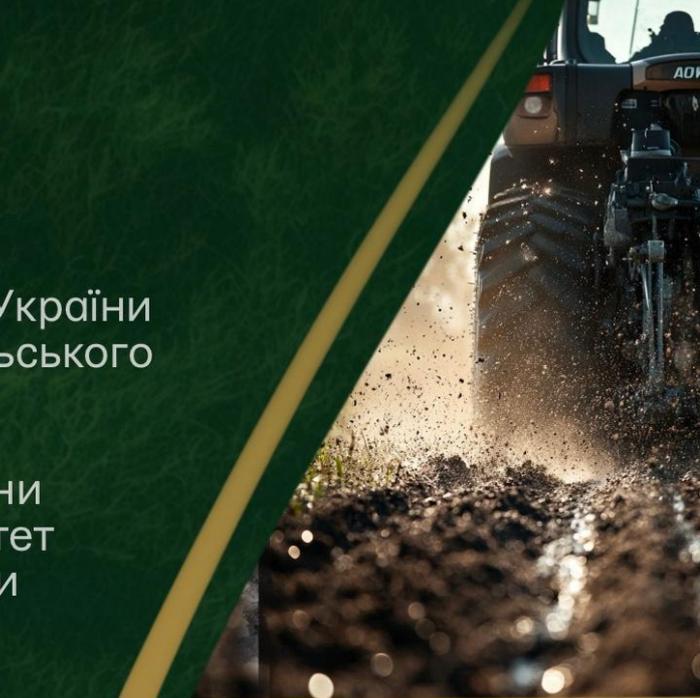
Національна академія аграрних наук України
Інститут кліматично орієнтованого сільського
господарства НААН України

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний університет
імені І.І. Мечникова МОН України

Збірник
Міжнародної науково-практичної конференції,
присвяченої Всесвітньому
Дню ґрунту 2025 (World Soil Day 2025)

«ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ТА ПРИРОДООХОРОННІ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ҐРУНТУ»

5 грудня 2025 року



**Національна академія аграрних наук України
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України
Міністерство освіти і науки України
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова МОН України**

Збірник матеріалів

**Міжнародної науково-практичної конференції,
присвяченої Всесвітньому Дню ґрунту 2025 (World Soil Day 2025)**

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ТА ПРИРОДООХОРОННІ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ҐРУНТУ

**5 грудня 2025 року
м. Одеса**

**National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS of Ukraine
Ministry of Education and Science of Ukraine
Odesa I.I. Mechnykov National University of MES of Ukraine**

Collection of materials of the

International Scientific and Practical Conference,
dedicated to the World Soil Day 2025

**TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND
ENVIRONMENTAL SOLUTIONS
FOR SOIL HEALTH**

**December 5, 2025
Odesa**

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

Редакційна колегія:

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

Вячеслав ТРУБА – доктор юридичних наук, професор, ректор Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна

Рафік ІСЛАМ – доктор філософії, директор програми з ґрунтових, водних і біоенергетичних ресурсів, Державний університет Огайо, Колумбус, США

Людмила ГРАНОВСЬКА – доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН, завідувач відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

Алла СТОЯНОВА – голова депутатської групи «Аграрна Одещина» в Одеській обласній раді, членкиня правління Всеукраїнської аграрної ради, м. Одеса, Україна

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

Маєті ДЖОРДЖЕ – доктор філософії, старший викладач кафедри охорони навколишнього середовища Національного університету Лесото, Масеру, Лесото

Вікторія ЯВОРСЬКА – доктор географічних наук, професор, декан геолого-географічного факультету Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна

Андрій БУЯНОВСЬКИЙ – кандидат географічних наук, доцент, завідувач кафедри географії України, ґрунтознавства і земельного кадастру Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна

Павло ЛИХОВИД – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

Анатолій ТОМНИЦЬКИЙ – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, заступник директора з науково-виробничої роботи Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

Валерій КОЗИРСЬВ – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса, Україна

Олена ПЛЯРСЬКА – 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 «Технологічні інновації та природоохоронні рішення для здоров'я ґрунту», присвяченої Всесвітньому дню ґрунту, м. Одеса, 5 грудня 2025 року. Одеса: ІКОСГ НААН, 2025. 140 с.

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

UDC 631.4

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

Viacheslav TRUBA – Doctor of Law Sciences, Professor, Rector of Odesa I.I. Mechnykov National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, Ukraine

Rafiq ISLAM – Ph.D., Program director Soil, Water, and Bioenergy Resources, Ohio State University, Columbus, USA

Lyudmyla HRANOVSKA – Doctor of Economics Sciences, Professor, Corresponding Member of the NAAS, Head of the Department of Irrigated Agriculture and Decarbonization of Agroecosystems of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Alla STOYANOVA – Head of the deputy group “Agrarian Odessa Region” in the Odessa Regional Council, member of the board of the All-Ukrainian Agrarian Council, Odessa, Ukraine

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

Maeti GEORGE – PhD in Environmental Management, Dr., Senior Lecturer Department of Environmental Health of the National University of Lesotho, Maseru, Lesotho

Viktoriia YAVORSKA – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Geology and Geography of the Odesa I.I. Mechnykov National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, Ukraine

Andrii BUIANOVSKYI – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography of Ukraine, Soil Science and Land Cadastre of the Odesa I.I. Mechnykov National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, Ukraine

Pavlo LYKHOVYD – Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Irrigated Agriculture and Decarbonization of Agroecosystems of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Anatoly TOMNYTSKYI – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Deputy Director for Scientific and Production Work of the Institute of climate-smart agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine

Valerii KOZYREV – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Irrigated Agriculture and Decarbonization Agroecosystems 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 "Technological innovations and environmental solutions for soil health", Odesa, Ukraine, December 5, 2025. Odesa: ICSA NAAS, 2025. 140 p.

© Institute of climate-smart agriculture of the NAAS, 2025

ЗМІСТ

Віхи історії

Historical milestones

ІНТРОДУКЦІЯ НІШОВИХ КУЛЬТУР В СИСТЕМІ ЗАХОДІВ БОРОТЬБИ З ПОСУХОЮ В ТВОРЧІ СПАДЩИНІ АКАДЕМІКА В. Г. РОТМІСТРОВА (до 160-річчя від дня народження) 7.04.1836 р., Одеса — †1903 р

10

Вергунов В.А.

Роль ґрунтів у декарбонізації екосистем, розвитку сільського господарства, забезпеченні продовольчої безпеки та адаптації до зміни клімату

The role of soils in ecosystem decarbonization, agricultural development, food security, and climate change adaptation

SOIL CARBON SEQUESTRATION POTENTIAL AND CLIMATE CHANGE ADAPTATION OF A PALUSTRINE WETLAND

18

George M.A.

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА СТАН ҐРУНТІВ ЦЕНТРУ УКРАЇНИ

22

Клок С.В., Федорченко І.М., Мазура В.І., Слєпцова В.О.

ПРОЄКТИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ АГРОСФЕРИ

27

Черчик Л.М.

СТРАТЕГІЧНІ ОРІЄНТИРИ АГРОЛІСОМЕЛІОРАТИВНОГО ОБЛАШТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ В АСПЕКТІ ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ

31

Ярова І.Є.

Наукове забезпечення вимірювання, управління та моніторингу ґрунтів, порушених воєнними діями, попередження їх деградації та сталого розвитку сільських територій

Scientific support for the measurement, management, and monitoring of soils affected by military actions, prevention of their degradation, and sustainable development of rural areas

БПЛА В АГРОВИРОБНИЦТВІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

35

Биков М.І., Косолап М.П., Оверченко В.В.

КОМПЛЕКСНИЙ ВПЛИВ ДЕТОНАЦІЇ МІН І СНАРЯДІВ НА ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ: ПРОСТОРОВІ ТА ГЛИБИННІ ЗАКОНОМІРНОСТІ
ДЕГРАДАЦІЇ 40

Михайлюк В.І.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ КАРТУВАННЯ, МОНИТОРИНГУ Й РЕАБІЛІТАЦІЇ
ҐРУНТІВ УКРАЇНИ: ЦИФРОВІ, БІОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ У
ПІСЛЯВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ 47

Немиря М.Г.

МОНИТОРИНГ ҐРУНТІВ НА ОСНОВІ БІОЛОГІЧНИХ КРИТЕРІЇВ 49
Солодка Т.М., Опанасюк Д.В., Солодка О.В.

**Технологічні інновації для раціонального використання, відновлення та
збереження родючості ґрунтів, управління ґрунтовими ресурсами**
**Technological innovations for the rational use, restoration, and preservation
of soil fertility, and soil resource management**

FARM CARBON FOOTPRINT ESTIMATOR – A CLI TOOL TO ENSURE
SUSTAINABILITY THROUGH ROBUST GHG EMISSIONS ASSESSMENT 52

Lykhovyd P.V., Hranovska L.M.

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ІНДИКАЦІЇ ЯКІСНОГО СТАНУ ҐРУНТУ ЗА ВМІСТОМ
ЛАБІЛЬНОГО ГУМУСУ 54

Бурикiна С.І., Сергєєв Л.А., Буяновський А.О.

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТІВ
СУХОСТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ ЗАЛЕЖНО ВІД МЕЛІОРАТИВНИХ УМОВ 60

Бiднина І.О., Грановська Л.М., Козирєв В.В., Томницький А.В., Угрін О.М.

ЗЕЛЕНІ МІКРОВОДОРОСТІ – АГЕНТИ ҐРУНТОУТВОРЮЮЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИЙ БІОЛОГІЧНИЙ РЕСУРС ДЛЯ ПОТРЕБ СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА 63

Вожегова Р.А., Петренко С.О., Поздняков В.Ю.

ЗЕЛЕНИЙ ПЕРЕХІД ЯК ОСНОВА СТРАТЕГІЇ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ
АГРОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ 68

Галушкіна Т.П.

РОЛЬ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР ТА МІКРООРГАНІЗМІВ У ВІДНОВЛЕННІ
РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ 70

Гож О.А., Заєць С.О.

СИДЕРАЦІЯ – ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ РОДЮЧІСТЮ ҐРУНТІВ 74
Грановська Л. М.

МОНІТОРИНГ ДИНАМІКИ ГУМУСУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЧЕРЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР	78
Жигайло Т.С., Жигайло О.Л., Толмачова А.В.	
ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНКРУСТАЦІЇ НАСІННЯ ФОСФОРОВМІСНИМ ПРЕПАРАТОМ ДЕФЕНС С НА ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ФОСФОРНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА ЧОРНОЗЕМАХ ЗВИЧАЙНИХ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ	81
Крамарьов С.М., Фролов С.В., Крамарьов О.С.	
ПРО НЕОБХІДНІСТЬ ЗМІН У ПЕРЕЛІКУ АГРОВИРОБНИЧИХ ГРУП ҐРУНТІВ	86
Куліджанов Е.В.	
РОЛЬ АКВАПОНІКИ В РАЦІОНАЛЬНОМУ ВИКОРИСТАННІ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ТА ЗМЕНШЕННІ ТИСКУ НА ҐРУНТОВІ ЕКОСИСТЕМИ	91
Майборода Х.А.	
ВПЛИВ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ВМІСТ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТІ ПІД ПОСІВАМИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО В СИСТЕМІ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА	94
Мельник А.М., Заєць С.О., Куліджанов Е.В.	
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФЕРТИГАЦІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТІВ	99
Онопрієнко Д.М., Гапіч Г.В.	
ЗАПОБІГАННЯ ДЕГРАДАЦІЇ МЕЛІОРОВАНИХ ҐРУНТІВ НА ОСНОВІ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ ЯК ГАРАНТА ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ КРАЇНИ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ПЕРІОДИ	104
Рокочинський А.М., Волк П.П., Приходько Н.В.	
Екологічнобезпечне використання ґрунтових ресурсів, заходи щодо відновлення ґрунтів та їх здоров'я	
Environmentally Safe Use of Soil Resources, Measures for Soil Restoration and Health Improvement	
CLIMATE-SMART AGRICULTURE: ENHANCING SOIL HEALTH AND CROP PRODUCTIVITY	109
Islam R.	
COMPLEX RESOURCE-SAVING ADAPTIVE AGRO-BIOTECHNOLOGY – BIOFIELD	111
Strat A.T.	
ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ГУМУСОВОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН	116
Алексєєнко А.В., Сидорук К.В., Адобовська М.В.	

ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ЯК СУЧАСНОГО
МЕТОДУ ЗЕМЛЕРОБСТВА 122

Лугова Г.А., Шох С.С.

МОНІТОРИНГ ЗМІН АГРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАФТОЗАБРУДНЕНОГО
ГРУНТУ ТА РОСЛИННИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛІПИХИ КРУШИНОВИДНОЇ В
ПРОЦЕСІ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ 126

Романюк О.І., Шевчик-Костюк Л.З., Романюк Г.В.

ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ
ПРИМІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ 129

Тригуб В.І., Домусчи С.В.

**Взаємодія науки, освіти та бізнесу для збереження та підвищення
родючості ґрунтів**

**Interaction among science, education, and business for soil conservation and
fertility improvement**

ВОДИ ВЕЛИКОГО АДЖАЛИЦЬКОГО ЛИМАНУ (ЧОРНЕ МОРЕ) 134

Стоян О.О., Муркалов О.Б.

ПРО ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНУ ЗЙОМКУ КЛАСИЧНИХ ЛИМАНІВ ПІВНІЧНО-
ЗАХІДНОГО УЗБЕРЕЖЖЯ ЧОРНОГО МОРЯ 136

Шуйський Ю.Д.

ІНТРОДУКЦІЯ НІШОВИХ КУЛЬТУР В СИСТЕМІ ЗАХОДІВ БОРОТЬБИ З ПОСУХОЮ В ТВОРЧІ СПАДЩИНІ АКАДЕМІКА В. Г. РОТМІСТРОВА (до 160-річчя від дня народження)

7.04.1836 р., Одеса — †1903 р

Вергунов В.А.,
академік НААН

Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН,
м. Київ, Україна

Серед науково-обґрунтованих шляхів ведення інноваційно привабливого господарювання на землі за умов зміни клімату та й сучасного європейського курсу зеленого відновлення України, вагоме місце належить творчій спадщині видатного українського вченого-аграрія світового виміру та організатора вітчизняного експериментаторства, уродженця Полтавщини, випускника славетного Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, Героя Праці (1929) та академіка ВАСГНІЛ (1935) Володимира Григоровича Ротмістрова (1866–1941). У фаховому середовищі він, передусім, вважається одним із основоположних теоретиків, методологів та практиків ведення, так званого «сухого землеробства», що до сьогодні широко використовується як основний підхід ведення сільського господарства, наприклад у США. Про негативні впливи проявів посухи, як кажуть, він особисто пересвідчився ще в юнацькі роки на прикладі господарювання в родовому маєтку в селі Гензерівщині (Гензерівці) Поповської волості Прилуцького повіту Полтавської губернії (нині – Яготинський район Київської області), що мала у власності 100 десятин ріллі та 38 десятин сінокосу (пасовища). Маєток був розташований поблизу р. Оржиці. Враховуючи, що батько В. Г. Ротмістрова – Григорій Іванович, не зважаючи на те, що мав спадкове дворянство, а також чин – статського радника відповідно до петровського табелю про ранги, тим не менше, мав невеликі статки та багатодітну родину (десять дітей) і, як наслідок, був змушений знаходитися на державній службі. Спочатку перебував у якості судового засідателя Пирятинської поліцейської земської управи, а потім очолив повітову дворянську опіку. Такий стан речей з фінансами призвели до того, що родина фактично змушена жити від реалізації вирощеної в маєтку та переробленої сільськогосподарської продукції. Оскільки в XIX ст. 40 років із 100 в країні відчували руйнівні прояви посух, то родина завжди була в пошуку шляхів її подолання або прибуткового ведення землеробства, насамперед, – «дідівськими» методами. Володимир, засвоївши «абетку» або принципи, як кажуть, – пішов далі й поставив собі за ціль не тільки вивчити механізм дії посухи, а й запропонувати власні раціональні дії щодо запобігання та, головне, високоефективні шляхи її подолання.

Для початку В. Г. Ротмістров у 1876 р. вступає, а в 1885 р. успішно закінчує Лубенську чоловічу гімназію, відкриту 30.09.1871 р. «для поміщицьких

дітей середніх статків». Того ж року приймається для навчання на природниче відділення фізико-математичного факультету Університету Святого Володимира. Заклад, до речі, закінчили п'ять братів Ротмістрових (Григорій, (1864 р. н.), Микола (1871 р. н.), Михайло і Василь). Хоча залишаються відкритими питання відносно інших п'ятьох дітей батька В. Г. Ротмістрова...?! Ще в студентські роки В. Г. Ротмістров з 1887 р. під безпосереднім впливом лекцій та практичних занять, а потім і науковим керівництвом всесвітньо відомого вченого-аграрія, завідувача кафедрою агрономії університету, професора С. М. Богданова (1859–1920) розпочинає при агрономічній лабораторії кафедри експериментальну роботу в якості лаборанта з вивчення водного режиму ґрунту спочатку камерально, а потім безпосередньо у польових умовах на Деревчанському дослідному полі Мурафській волості Ямпільського повіту Подільської губернії в маєтку барона А. А. Маса (1836–1903). В наступному році, воно отримує офіційний статус як приватна дослідна інституція, яку В. Г. Ротмістров очолює з 20.05. 1888 р. «по найму». Після успішного закінчення університету в 1889 р. він працює уповноваженим Київського товариства сільського господарства з опису найбільш видатних маєтків Південно-Західного краю країни. У 1893 р. стає управителем одного із маєтків в регіоні. В черговий раз, у повній мірі, зіштовхнувшись з наслідками негативних природних явищ (посухи й, особливо, водної ерозії та дефляції), остаточно вирішив присвятити себе комплексним вивченням проблеми та пошуком науково-обґрунтованих шляхів їх подолання як агротехнічними так і адаптованими меліоративними заходами. Як наслідок, спочатку повертається до завідування Деревчанським дослідним полем, а потім, скоріше за все, за рекомендаціями професора С. М. Богданова та підтримки барона А. А. Маса – офіційного представника Ротшильдів у країні, що володів землями-латифундіями та маєтностями в Одесі та передмісті, в 1894 р. бере участь у Всеросійському конкурсі на обрання директора новоутворювального Одеського дослідного поля. Ініціатором його відкриття, в першу чергу, виступило Імператорське товариство сільського господарства півдня Росії та місцеве губернське земство. Забезпечивши весь процес узгоджень для дозволу розпочати діяльність установ в межах діючого законодавства, в 1895 р. під керівництвом В. Г. Ротмістрова Одеське дослідне поле розпочало свою багатогранну плідну в результатах, з відкриттям світового виміру, діяльність. Із самого початку багаторічної праці на ньому, на першому місці творчості В. Г. Ротмістрова було вивчення ґрунтової посухи, що залишилася пріоритетною протягом 1887–1912 рр. Отримані результати, він, після обробки та головне – систематизації, в першу чергу, публікує в запроваджених ним щорічних «Звітах Одеського дослідного поля». Вони, між іншим, включали в себе й метеорологічний огляд року, а саме – результати визначень вологості ґрунту в розрізі полів експериментаторства, а також сівозмін із зведеними даними отриманої врожайності польових культур, які вирощуються. З метою отримання максимально достовірних даних пошарового визначення вологості ґрунту, в 1896 р. виготовляє оригінальний ґрунтовий бур власної конструкції під назвою

«грунтово-геологічний бур для м'яких порід». Уже в 1903 р. з його допомогою отримали десятки тисяч визначень (біля 60 тисяч взагалі), які, після обробки та узагальнень, отримали відповідні висновки й стали підґрунтям для виходу фундаментальної праці «Пересування вологи в ґрунті Одеського дослідного поля». Паралельно з 1897 р. В. Г. Ротмістров розпочав вивчення кореневої системи у сівозмiнах рослин, які вирощуються в її природній морфологічній побудові для розуміння механізму міграції вологи по профілю ґрунту. Уже в 1905 р. для цих потреб додалися й модельні досліди: в траншеях й плоских дерев'яних сосудах. Як виявилось, вони десь доповнювали один одного щодо обліку розмірів кореневої системи. Усі отримані результати з цього приводу увійшли до не менш фундаментальної праці В. Г. Ротмістрова, а саме: «Коренева система в однорічних культурних рослинах: з аналізом грядкової культури Демчинського» (1910). Слід відзначити, що підґрунтям фундаментальності обох праць, що дозволили зробити потім основоположний висновок їх автора відносно природи посухи й, передусім, – ґрунтової, слід вважати розробка В. Г. Ротмістровим в 1903 р. спеціальної методики ведення дослідної справи. Її основи він узагальнив у праці «Методика польового дослідження», що вийшла друком у 1905 р. У ній він висунув основні положення, що повинні бути обов'язково прийняті й залишатися незмінними при проведенні польового експеримента: 1) повторність дослідження; 2) чистота дослідження (не накладання одного дослідження на інший); 3) захисні полоси; 4) постійні (на ряд років) програми дослідів. У 1912 р. «Методика» була перевидана. Усе разом, у кінці-кінців, й сприяло підготовці та видрукуванню в 1911 р. чи не найбільш відомої у фаховому середовищі світу праці В. Г. Ротмістрова: «Сутність посухи за даними Одеського дослідного поля», а в 1913 р. – перевидати її англійською мовою. У 1926 р. вона також вийшла німецькою в Дрездені й, таким чином, поширилася світом. Тим самим, ще при житті прославила автора у всьому цивілізованому світі. Розкривши загальний механізм прояву ґрунтової посухи В. Г. Ротмістров на цьому не зупинився, а зосередився далі на відпрацюванні агротехнічних заходів боротьби з нею в питаннях обробки та удобрення ґрунту. Разом із запропонованими вченим меліораційними рішеннями у вигляді облаштування ставків та водоймищ з повсякмісним висадженням навколо них лісосмуг як, до речі, відносно й полів та яруг, що стало підґрунтям для організації раціонального впровадження або ведення прибуткового сільського господарства в посушливих районах країни. У пошуку новітнього, В. Г. Ротмістров, як завжди, системно продовжив свої дослідницькі розвідки в руслі виявлення нових видів сільськогосподарських культур для відпрацювання ведення оптимальних сівозмiн для зони Степу. Крім того, ще й їхньої інтродукції та через селекцію й насінництво як нового ресурсу здатного стати в нагоді, заради виведення сільського господарства в зоні критичного землеробства на шлях отримання максимальної доданої вартості та, головне, – сталого. У сьогоденнішніх реаліях все те, що віднесено до пошуку стартапів з метою здійснення трансферу інновацій чи провайдингу.

Слід вважати такі десь навіть логічно пов'язані зміни в пріоритетах дослідництва В. Г. Ротмістрова є зовсім не випадковими й десь прогностичними

з метою пошуку шляхів не тільки раціонального ведення або капіталізації вітчизняного сільського господарства за умов прояву як ґрунтової так і атмосферної посухи, а й їх запобігання. Системні фундаментально дослідивши через розвиток кореневої системи сільськогосподарських рослин, які вирощуються через вплив їх на формування водного режиму ґрунту, В. Г. Ротмістров розпочинає з 1904 р. цикл нових комплексних досліджень, як згодом вказував, «культурою бавовника й нових (екзотичних) рослин» або за теперішнім визначенням – нішових культур. Хоча заради справедливості, перші власні результати відносно них друкує в часописі «Землеробство» ще за 1892 р. в праці «Вирощування ріпаку й свиріпи» як результат відповідного експериментаторства на Дербчанському дослідному полі. Вони разом із новітніми більш поглибленими знаннями про особливості формування водного режиму ґрунту отримані на Одеському дослідному полі, надали вченому можливість зробити висновок, що сівозміна, передусім, для умов Степу від 3-х до 8-м-пільної повинна будуватися не на «основі» плодозміни, а на основі кореневої зміни, що надає водному режиму той або інший бажаний характер у відношенні боротьби з посухою». При цьому, найбільш оптимальною для умов Степу В. Г. Ротмістров визначив в цьому відношенні чотирьопільну сівозміну (пар, озимина, просапні, ярі), а сам підбір культури в ній повинен, на його думку, «залежати від економічних міркувань». Відносно озимини та ярих культур в сівозміні, на його переконання було накопичено достатньо результатів, що дозволили стверджувати, що все, більш-менш, відпрацьовано, а ось блок «просапні» потребували уточнень або навіть нових рішень як, до речі, й зайняті пари. На допомозі встановлення істини, В. Г. Ротмістров, використовує потенціал даних, створеної ним в 1896 р. метеорологічної станції при Одеському дослідному полі, що, між іншим, надала оптимістичні результати визначень температури повітря, які були сприятливі для вирощування теплолюбних польових культур. Уже перші досліді з рициною в 1897 р. підтвердили таке позитивне бачення перспектив нових нішових культур через досить високий рівень врожаю «до 92 пудів на одну десятину для крупнонасінного сорту» та «до 120 пудів мілконасінного» із вмістом жиру до 63 %. З 1900 р. до дослідів із рициною додалися додаткові з культурою сої. Вони проводилися, навіть незважаючи, що на поверхні ґрунту температура досягала +68°C та досить часті осінні приморозки. Отримані врожаї довели про значний потенціал цих однорічних культур на півдні України й особливо в Криму та Північному Кавказі. Усе разом надало підстави системно зайнятися вивченням надзвичайно перспективною й економічно привабливою культурою бавовника. Досліді розпочали з двома сортами «мохнатого»/волохатого насінневого типу з Америки та Туркестану. Уже в перший рік вирощування, рослини досягли 50–70 см., а цвітіння починали наприкінці липня та дозрівали наприкінці вересня з розкриттям коробочок – перша половина жовтня. При цьому в американському сорті формувалося на одній рослині 10 коробочок, а туркестанському – в середньому 12 при відповідній врожайності 10,5 та 5 центнерів з десятини. В наступні роки дослідженнях бавовника змінювалися виключно сорти з метою

відпрацьовування сортової агротехніки. Усі зусилля експериментаторства, починаючи з чергових сортів «Руссельє» та «Тріумф» були націлені на вирішення питання щодо збільшення проценту розкриття коробочок вирощеного бавовника. Надзвичайно перспективним в цьому відношенні виявився голонасінневий сорт бавовника з Грузії, що культивувався в регіоні з XVIII ст. й займав у ньому площу 20 000 десятин. Він був свого часу завезений до Грузії з Єгипту та інтродукований незважаючи на «неоднозначну» агротехніку посіву – «розкидання насіння під борону», тим не менше, увійшов в Грузії в культуру під назвою «єгипетський» й вирощувався без зрошення. Достойні рівні урожайності цього сорту бавовника на Одеському дослідному полі протягом 1907–1908 рр. призвели до рішення В. Г. Ротмістрова закласти на власні кошти, так звані колективні досліди у різних привабливих для вирощування бавовника регіонах країни, а саме: на Поділлі, Катеринославщині, Херсонщині, Одещині й Криму. Крайнім північним з них виявилася Полтавщина у вигляді – села Яреськи. Однак через постійні приморозки на Полтавщині дозрівало тільки не більше 1 пуда з десятини й звісно, що економічно це було не вигідним. Однак сам факт надав впевненість у можливості вирівнювання культури бавовника в Україні. Мало того, отримані волокна з бавовника, вирощеного на Полтавщині, остаточно переконали тодішнього міністра землеробства та державного майна країни О. В. Кривошеїна (1857–1921), що був ортодоксальним супротивником вирощування бавовника в Середній Азії, після демонстрації В. Г. Ротмістрова перед ним можливостей вирощування бавовника в південних регіонах країни у вигляді спеціально відібраної колекції, почати фінансувати такі досліди через Департамент землеробства. Тим самим, уможливило розширити ареал дослідництва ще й у Кубанській області, Чорноморської і Тверської губерніях. Для системного проведення цих колективних дослідів, у 1909 р. В. Г. Ротмістров друкує «Коротку настанову по вирощуванню бавовника», що витримала три перевидання. Слід наголосити, що до вивчення перспектив вирощування бавовника в різних регіонах країни різноманітні прошарки господарюючих на землі; великі та малі землевласники, селяни, колоністи (німці), управителі маєтків, орендатори, дослідні установи, сільськогосподарські товариства, освітні заклади, земства, чиновники, священники, монастирські служителі, вчителі. Під керівництвом В. Г. Ротмістрова їх діяльність забезпечували спеціальні фахівці від імені Департаменту землеробства при Одеському дослідному полі, а саме: О. В. Новицький, В. О. Нікітін, В. К. Артамонов, М. А. Морозов, М. В. Нікольський, Г. М. Рухадзе та М. Д. Білінський. На 1912 р., спільними зусиллями, були остаточно доведені великі перспективи бавовництва на зрошені. Як наслідок, колективні досліди практично втратили сенс. Вдалося досягти рівня врожайності 7-8 ц/га (Крим), 11 ц/га (Північний Кавказ). Максимальний – 26 ц/га отримали в с. Бухтери на побережжі Чорного моря. Головне, що була відпрацьована сортова агротехніка вирощування бавовника в розрізі конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

З початком першої світової (європейської) війни в 1914 р., на перший план вийшли інші пріоритети дослідництва, що тільки в 1927 р. дозволили

ентузіазмом В. Г. Ротмістрова надати бавовництву в країні, як іноді кажуть, «друге дихання». Збройний конфлікт призвів, між іншим, до унеможливлення отримання, як раніше, готових лікарських засобів з Німеччини. За таких обставин, В.Г. Ротмістров за державним замовленням був змушений долучитися до пошуку максимально придатних територій країни для вирощування лікарської сировини включаючи шляхи її переробки для умов півдня країни, а значить й за умов проявів посухи. На початковому етапі В.Г. Ротмістрова залучають до підготовки відповідних фахівців (інструкторів) в якості завідувача Вищими Одеськими курсами. Ним він керує по 1917 р. Крім того, відповідно до рішень «Особливої наради», що пройшла 22–28.02.1916 р. згідно «веління» принца О. П. Ольденбурзького як Верховного начальника санітарної та евакуаційної частини та через рішення Комісії зі збирання лікарських рослин від 24.02.1916 р. В. Г. Ротмістров очолює п'яту з семи головних установ – «Південно-Західний край» в якості Уповноваженого з заготівлі лікарських засобів на півдні України, в Криму й Донській області для потреб війни. Свої офіційні обов'язки він поєднує з проведенням спеціальних досліджень з лікарськими рослинами на Одеському дослідному полі, включаючи створення їхньої колекції та веденням насінництва. У часи Української революції 1917–1921 рр. В. Г. Ротмістров, передусім, через проблеми зі здоров'ям (переніс три операції), змушений був залишити Одесу та переїхати до Києва й, як кажуть, відійти від безпосереднього експериментаторства й долучитися в якості визнаного та, головне, авторитетного фахівця, до організаційних процесів національного державотворення для потреб організації ведення й координації аграрного експериментаторства. Мова, насамперед, йде про Сільськогосподарський вчений (науковий) комітет України при головному аграрному відомстві країни. Однак найбільш системно він виявився затребуваним в часи УСРР/УРСР в українській теорії. Протягом 1921–1925 рр. В. Г. Ротмістров на дипломатичній роботі в Латвії та Німеччині. З 1927 р. відновив свою безпосередню експериментаторську діяльність з культурою бавовника та нішовими рослинами, працюючи в площині популяризації спочатку з 1928 р. в УкрНДІ прикладної ботаніки Головнауки НКО УСРР, а потім, з 1931 р. – УкрНДІ рослинництва НКЗС УСРР. Працюючи в них, проводить спеціальні демонстраційні досліді в Дорнбурзі біля Асканія-Нова, а потім організовує Брилівську дослідно-зрошувальну мережу (Херсонська обл.) комплекс спеціальних досліджень. Їх результатом стало збільшення площі посіву бавовника в країні до 20 000 га. Питаннями боротьби з посухою, включаючи інтродукцію нових (екзотичних) культур, серед яких, наприклад, кенаф, залишилися предметом досліджень до самої його смерті. Поза увагою, академіка В.Г. Ротмістрова не залишилися питання просування посівів озимої пшениці на Північ й рисосіяння на Півдні України.

Підсумовуючи, слід наголосити, що цьогоріч відповідно до Постанови Верховної Ради України від 11.11.2025 № 14203 «Про відзначення пам'ятних дат і ювілеїв у 2026–2027 роках» у поточному році на державному рівні відзначається 160-річчя від дня народження одного із кращих синів благодатної української

землі – академіка В. Г. Ротмістрова, що, як кажуть, словом і ділом прославив Батьківщину. Мало того, його наукові ідеї й рішення з багатьох позицій випереджали свій час. Стрімка зміна клімату просто змушує сучасників повертатися до прогностичного важливого, висловленого ним сто тридцять років тому відносно практичного впровадження, як ефективно господарювати на півдні нашої країни. Тим паче, насамперед, – культура бавовника знову в тренді. Теж саме стосується й інших польових культур, що наразі віднесені до категорії нішових та інноваційних. За всім цим пророцтвом стоїть геній в особі спадкового дворянина з Полтавщини та патріота України В. Г. Ротмістрова.

***Роль ґрунтів у декарбонізації екосистем,
розвитку сільського господарства,
забезпеченні продовольчої безпеки та
адаптації до зміни клімату***

***The role of soils in ecosystem decarbonization,
agricultural development, food security,
and climate change adaptation***

SOIL CARBON SEQUESTRATION POTENTIAL AND CLIMATE CHANGE ADAPTATION OF A PALUSTRINE WETLAND

George M.A.,

PhD in Environmental Management, Dr.
Senior Lecturer Department of Environmental Health,
National University of Lesotho, Maseru, Lesotho

Climate change is a long-term change in accumulated weather events on a global scale. It is exacerbated by anthropogenic activities like fossil fuel combustion and agricultural activities. These emit greenhouse gases like carbon dioxide, methane and nitrous oxides [1,2]. Wetlands are ecosystems that can support biodiversity and enable water and carbon storage. They do this with the help of their vegetation, microorganisms, and fertile soil. Degraded wetlands have low organic matter content, total nitrogen [3], and inadequate soil nutrients. Wetland soils, on the other hand, are the medium where chemicals and nutrients are stored, and also where biogeochemical reactions take place [4]. The ability for palustrine wetlands to retain nutrients and pollutants lies in their vegetation cover and soil fertility [5] properties, which are not found in degraded wetlands.

It is pertinent that soil health is monitored so that its functions, like support for vegetation growth, purification of water, and support of other forms of life, can be sustained. It is with this background that the Lesotho palustrine wetlands, which are vulnerable to drought, overgrazing and agents of erosion (namely water), were monitored.

Palustrine wetlands that are the headwaters of the country, situated in the slopy and mountainous region, were selected for this study. Soil samples were collected from three sections of the wetland (upstream, midstream and downstream). This was done at 15cm, 30cm and 45cm depths, and standard procedures were used for the determination of soil texture and parameters like pH, EC, CEC, TC, TN, OM, exchangeable calcium, magnesium, potassium and sodium, and available phosphorus. The data were used for calculating CDI.

The wetland had acidic soil, whereas TC and TN decreased with an increase in depth within the wetland. Average TN was 1.2%, and the reduction with depth was significant ($p = 0.05$). However, there were fluctuations from upstream to downstream in the wetland. A decrease of TN with increasing depth reflected some rapid microbial activities in surface soils [6], which were rich in OM and nitrogen compounds. In the same manner, TC decreased with an increase in soil depth across the wetland. The highest TC content was 21% whereas the lowest was 1.39%. High TC in the top soil was attributable to microbial activity that converted dead wetland plant litter and roots, together with carbon fixation through photosynthesis [7]. However, both TN and TC were lower downstream of the wetland, and these were areas with poor vegetation cover.

Mean OM across the wetland was 2.67%, and, in general, the wetland had high OM, which was associated with poor decomposition due to prolonged anaerobic

conditions owing to soil saturation [8]. Furthermore, high OM content was also attributable to low temperatures.

Sediment, nutrient and organic pollutant reduction scored 7.09, 5.39 and 7.39 out of 10, respectively. These results might imply that, with the predicted global decrease in precipitation and surging temperatures, the wetland's function to purify water is threatened. The soil CDI was found to be 3.29, and a CDI that is between 2.80 and 4.36 indicates that the wetland is degraded [3]. The wetland had emergent vegetation that covered about 50% of its area, and most parts were bare. Low vegetation cover, together with degraded soil, compromised filtration, microbial interaction, and adsorption of pollutants. Vegetation would trap sediments during floods, also reducing soil erosion. These wetlands also act as carbon sinks, mitigating climate change. The soil biota, together with its water, transform nutrients like carbon, nitrogen and phosphorus [9-11].

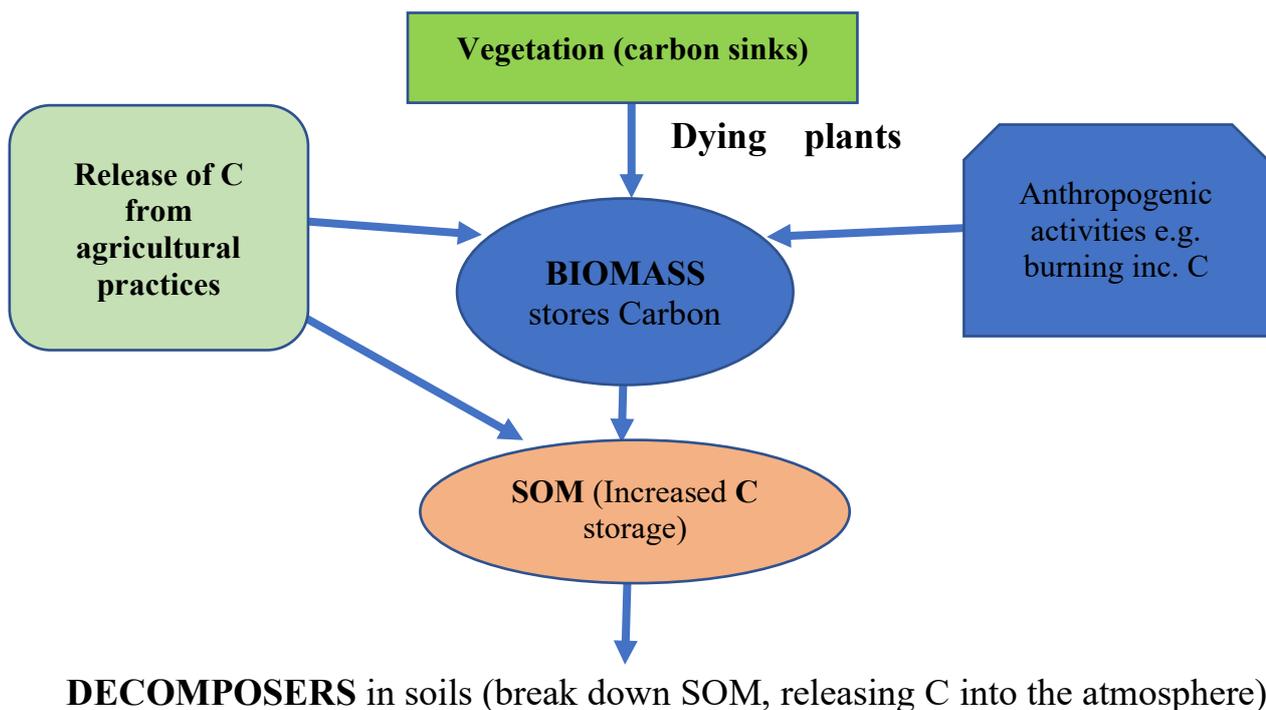


Fig. Biogeochemical cycle

Adding to this, carbon sequestration facilitates carbon dioxide conversion into biomass [12]. Soil Organic Matter (SOM) accumulation contributes to an increase in soil carbon storage, which supports plant growth. During saturation, anoxic conditions are created, and this results in a low rate of OM decomposition, which is further favourable for plant growth. There may ultimately be some release the C into the atmosphere with the assistance of decomposers (Fig.).

Extreme flood events are a result of climate change, and, apart from the destruction of property and infrastructure, they also erode soil. Fertile soils are not easily erodible, but they enhance vegetation growth, thus dissipating water and assisting in flood attenuation [13]. Well-vegetated land also has the potential to

assimilate nutrients (phosphorus and nitrates). Nevertheless, soil erosion threatens OM and nutrient loss.

Conclusion. The wetland did not have adequate vegetation cover, and this could be due to soil that showed signs of degradation. This threatened their ability to sequester carbon and mitigate climate change. Poor wetland monitoring led to failure of wetland managers from the Ministry of Natural Resources and the Ministry of Agriculture through the soil conservation department to be proactive.

Recommendations. Adequate conservation of palustrine wetlands sustains water release into streams, and their protection begins with control of anthropogenic activities that remove vegetation and degrade soils. Not only do these wetlands sustain water availability, but they also increase carbon sequestration, amidst global climate variations.

Rapid assessment is one of the indirect methods of monitoring wetland and soil health. However, Satellite Remote Sensing (SRS) [14, 15] would be used for the hard-to-reach wetlands. Real-time soil quality data can be collected using telemetry, where sensors or probes are inserted into the soil to ensure continuity in data transmission. This enables rapid analysis and response by wetland managers [16]. Digital Soil Mapping (DSM), together with remote sensing, were used in a study by van Tol. [17] to establish the extent of wetland degradation in Lesotho. These monitoring types would save time and identify changes in vegetation cover, hence providing timely feedback on soil health and the level of degradation. Identification of vegetation loss by other stressors like anthropogenic activities (burning and overgrazing), and erosion from exposed soil, allows rapid interventions.

Lesotho has to utilise these modern monitoring techniques to study the behaviour of soils even for agricultural productivity, so as to avoid further soil degradation and secure crop production, in the face of climate change.

References:

1. Jones M., Peters G., Gasser T., Andrew R., Schwingshackl C., Gütschow J., et al. National contributions to climate change due to historical emissions of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide since 1850. *Scientific Data*. 2023. 10. 155. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02041-1>
2. Filonchyk M., Peterson M., Zhang L., Hurynovich V., He Y. Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO₂, CH₄, and N₂O. *Science of The Total Environment*. 2024. 935. 173359. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173359>
3. Huang C., Bai J., Shao H., Gao H., Xiao R., Huang L., Liu P. Changes in Soil Properties before and after Wetland Degradation in the Yellow River Delta, China. *Clean: Soil, Air, Water*. 2012. 40(10). 1125-1130.
4. Mitsch J., Gosselink J. Wetlands. New York: John Wiley & Sons, 2007.
5. Sileshi A., Awoke A., Beyene A., Stiers I., Triest L. Water Purifying Capacity of Natural Riverine Wetlands in Relation to Their Ecological Quality. *Frontiers in Environmental Science*. 2020. 8. 39.

6. Osujieke D., Imadojemu P., Okon M., Okeke O. Profile Distribution of Physical and Chemical Soil Properties in Izombe, Rainforest Zone of Nigeria. *Bulgarian Journal of Soil Science*. 2018. 3(2). 90-103.
7. Zhang S., Lu X., Zhang Y., Nie G., Li Y. Estimation of Soil Organic Matter, Total Nitrogen and Total Carbon in Sustainable Coastal Wetlands. *Sustainability*. 2019. 11(667). 1-18.
8. Jackson C., Thompson J., Kolka R. Wetland Soils, Hydrology, and Geomorphology. In D. Batzer, R. Sharitz. *Ecology of freshwater and estuarine wetlands* (pp. 23-60). Berkeley, CA: University of California Press, 2014.
9. Reddy K., DeLaune R., Craft C. *Nutrients in wetlands: Implications to water quality under changing climatic conditions*. U.S. Environmental Protection Agency. EPA contract No. EP-C-09-001. 2010.
10. Faithful J. *The fate of phosphorus in wetlands: a review*. Queensland: Australian Center for Tropical Freshwater: Department of Natural Resources. ACTFR Report No. 96/15. 2015.
11. Zaman W., Ayaz A., Puppe D. Biogeochemical Cycles in Plant–Soil Systems: Significance for Agriculture, Interconnections, and Anthropogenic Disruptions. *Biology*. 2025. 14(4). 433. <https://doi.org/10.3390/biology14040433>
12. Quan C., Zhou Y., Wang J., Wu C., Gao N. Biomass-based carbon materials for CO₂ capture: A review. *Journal of CO₂ Utilization*. 2022. 68. 102373. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102373>
13. Justine Y., Seenath A. Vegetative nature-based solutions for coastal flood risk management: Benefits, challenges, and uncertainties. *Ocean & Coastal Management*. 2025. 261. 107520. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107520>
14. Rocchini D., Boyd D., Feret J., Foody G., He K., Lausch H., et al. Satellite remote sensing to monitor species diversity: potential and pitfalls. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2016. 2(1). 25-36. <https://doi.org/10.1002/rse2.9>
15. Baquero J., López D., Lliquín J., Guaraca A., Gualán D., León V., Serrano V. Multitemporal Analysis Using Remote Sensing and GIS to Monitor Wetlands Changes and Degradation in the Central Andes of Ecuador (Period 1986–2022). *Resources*. 2025. 14. 61. <https://doi.org/10.3390/resources14040061>
16. Wang J., Zhen J., Hu W., Chen S., Lizaga I., Zeraatpishen M., Yang X. Remote sensing of soil degradation: Progress and perspective. *International Soil and Water Conservation Research*. 2023. 11(3). 429-454. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.03.002>
17. van Tol J. Mapping and understanding degradation of alpine wetlands in the northern Maloti-Drakensberg, southern Africa. *Journal of Mountain Science*. 2024. 2956-2966. <https://doi.org/10.1007/s11629-024-8671-3>

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА СТАН ҐРУНТІВ ЦЕНТРУ УКРАЇНИ

Клок С.В.,
кандидат геогр. наук, вчитель географії,
Федорченко І.М.,
кандидат філос. наук, заступник директора,
Мазура В.І.,
директор, вчитель-методист, «Відмінник освіти України»,
Слепцова В.О.,
заступник директора, старший вчитель
Бориспільський ліцей «Лідер», м. Бориспіль, Україна

У роботі математично-статистичними методами проведено аналіз гідрометеорологічних даних спостережень (тривалість сонячного сьйва, середня температура та відносна вологість повітря, швидкість вітру, атмосферні опади) по станції Бориспіль за період 1976–2019 рр.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю постійного вивчення змін клімату та їх наслідків. На сьогодні масштаб зміни клімату безпрецедентний і в подальшому буде залежати, насамперед, від кількості парникових газів, що надходять в атмосферу, а також від невизначеності щодо чутливості клімату Землі до цих викидів. Україна вже відчуває на собі зміни клімату: за останнє двадцятиліття кожен рік був теплішим [1-7, 10]. Дослідженням глобальних змін клімату досить давно займається велика група вчених, результатом роботи яких є низка публікацій, зокрема, звіти Міжурядової групи експертів по змінах клімату (МГЕЗК) [6, 10]. Серед сучасних українських фахівців слід відмітити: проф. Мартазінова В.Ф., д.геогр.н. Тимофєєв В.Є., к.геогр.н. Краковська С.В. (член МГЕЗК) та ін.

В Україні нараховується близько 8% світового запасу чорнозему. Це дуже вичерпний ресурс і що буде з ґрунтами, а значить і з нами, в найближчі роки – в першу чергу залежить від нас [5, 8]. Зміни в структурі ґрунту відбуваються на тлі змін його гідротермічних характеристик - рис.1. Маємо позитивний тренд температури верхнього шару ґрунту, який особливо активізувався в останні декілька років.

Літній прогрів ґрунту спостерігається з квітня по жовтень, крім того, маємо запізнення дат прогріву нижніх шарів (максимумів) і зменшення їх річної амплітуди з глибиною – рис.1.

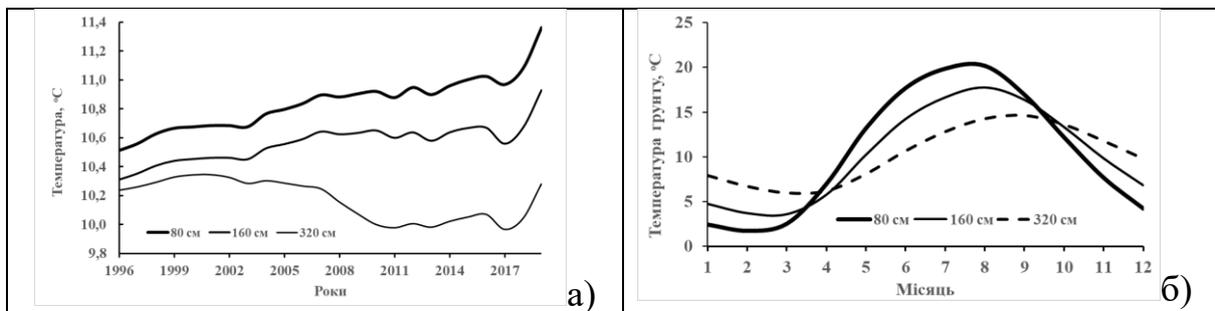


Рис. 1. Довготерміновий а) та сезонний б) розподіл температури ґрунту на глибинах по даним МС Бориспіль за період 1996-2019 рр.

Визначальними для врожаїв є чотири кліматичні показники: зволоження (погіршується), теплозабезпечення (збільшується), перезимівля (покращується), континентальний клімат (пом'якшується) [1, 5, 8-9].

Для горизонтів 80, 160 та 320 см побудовано графіки річного розподілу їх температур - рис.2. Порівняльний аналіз двох періодів показав, що найбільші зміни відбулись навесні (квітень-травень) та восени (вересень-жовтень). Більш потужнішим є осінній прогрів, який можна спостерігати навіть в самому нижньому шарі (320 см).

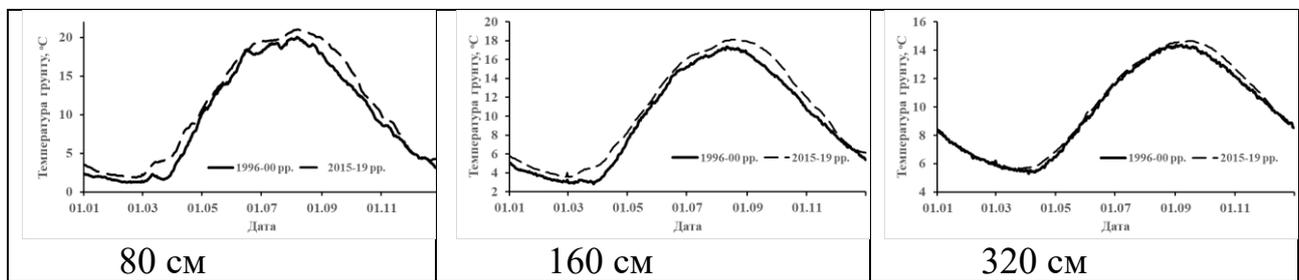


Рис. 2. Розподіл температури ґрунту на глибинах по даним спостережень на МС Бориспіль за періоди 1996-2007 та 2008-2019 рр.

Сонячна радіація являється найважливішим елементом клімату [1-5]. Довготерміновий та сезонний (річний) розподіл тривалості сонячного сяйва та температури ґрунту можна побачити на рис.3. Маємо узгоджений хід кривих з позитивним трендом в обох випадках при дещо більшій амплітуді тривалості сонячного сяйва та з певним запізненням температури ґрунту. Значення коефіцієнта кореляції між характеристиками складо 0,64.

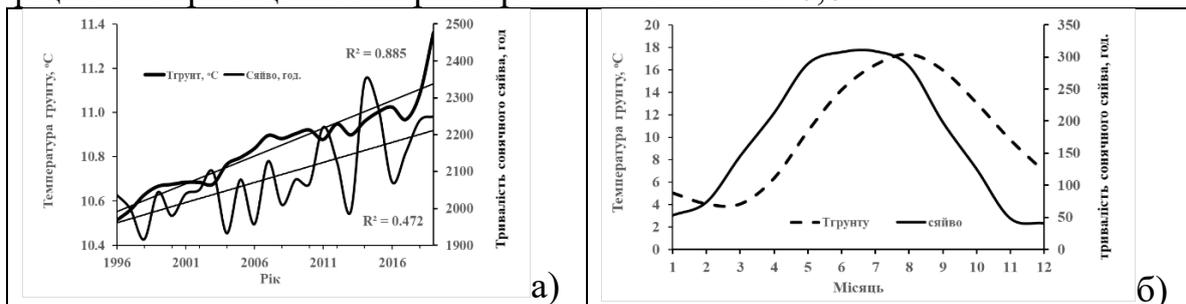


Рис. 3. Довготерміновий а) та сезонний б) тривалості сонячного сяйва та температури ґрунту по ст. Бориспіль за період 1996-2019 рр.

Криві розподілу середньої температури повітря та ґрунту по МС Бориспіль, що зображені на рис.4 а), демонструють тенденцію до росту. Коефіцієнт кореляції між цими характеристиками 0,8. На рис.4 б) демонструється річний розподіл середньої температури повітря та ґрунту на різних горизонтах: маємо узгоджений хід всіх кривих при певному запізненні температури ґрунту – в залежності від глибини горизонту.

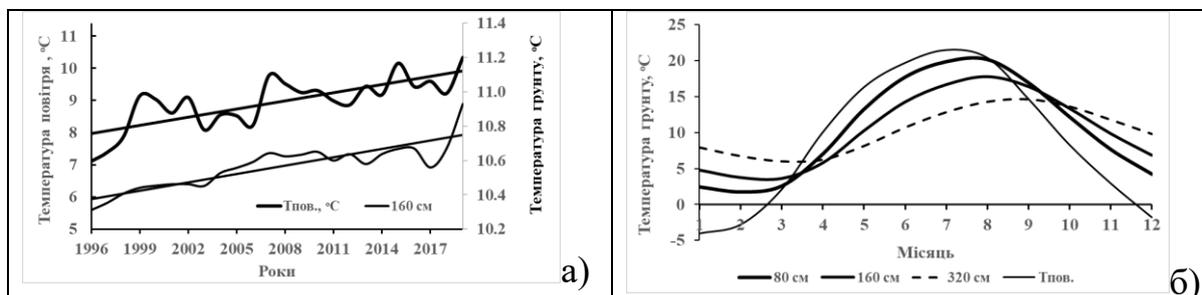


Рис.4. Довготермінова а) та сезонна б) динаміка середньої річної температури повітря та ґрунту по МС Бориспіль за 1996-2019 рр.

Кількість вологи в атмосфері відіграє величезну роль у житті на Землі [2-5, 9]. Проблема вологозабезпечення ґрунту останніми роками стоїть доволі гостро в абсолютній більшості регіонів України. Аналіз даних свідчить про зменшення відносної вологості повітря на фоні збільшення температури ґрунту – рис. 5 а.

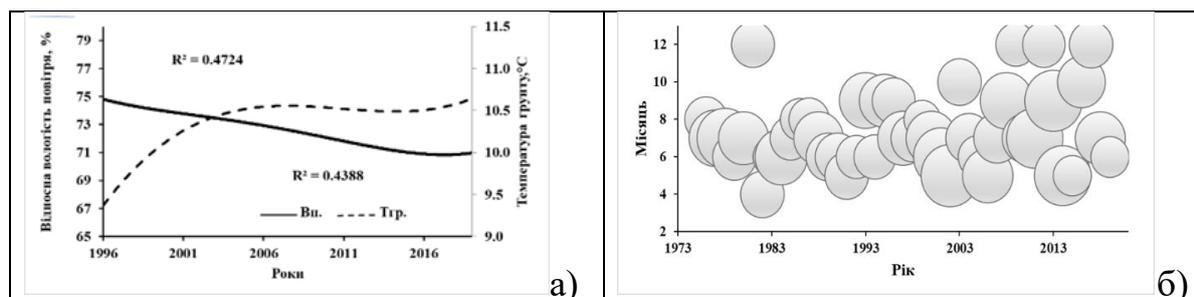


Рис. 5. Динаміка відносної вологості повітря та температура ґрунту по даним спостережень на МС Бориспіль за період 1976-2019 рр.

За оцінками фахівців на сьогодні слід говорити про не стільки про дефіцит опадів, а про інші фактори, зокрема: підняття середньорічної температури повітря; перерозподіл опадів впродовж року – рис.5 б; збільшення кількості днів без опадів при відносно стабільній їх величині та кількості днів з високою температурою повітря, тобто, підвищення екстремальності погодних умов [1-6].

Середня річна кількість опадів в Україні за базовий період (1961–1990 рр.) складала 576 мм, за останні роки вона змінилася слабо - 595 мм. Однак спостерігаються істотні зміни розподілу опадів усередині року. [1]. Основні характеристики атмосферних опадів по ст. Бориспіль наведені в таблиці 1: середня кількість опадів - 576,9 мм, місячна їх норма складає 48,1 мм, а

середньорічна кількість днів з опадами становить 161 день. Максимуми спостерігалися досить давно, що свідчить про слабку екстремальність опадів.

Таблиця.

Характеристики опадів по МС Бориспіль за 1976-2019 рр.

період спостережень		середньорічна кількість днів з опадами	середнє значення		максимальна кількість, мм			стандартне відхилення, мм
початок, дата	кінець, дата		мм/місяць	мм/рік	доба	місяць	рік	
01.01.1976	31.12.2019	194	47,2	566,2	99,7 31.05.2002	180,2 05.2002	829,0 2002	32,6

Річні суми опадів упродовж усього періоду спостережень розподілені досить стабільно - тенденційні зміни характеристики погоди відсутні. В окремі роки атмосферних опадів спостерігається вкрай мало, або ж навпаки – дуже багато, річна їх амплітуда складає близько 800 мм що демонструє рис.6 а). Разом з тим на станції Бориспіль спостерігається стійка тенденція до зменшення кількості днів з атмосферними опадами, що підтверджено нашими дослідженнями раніше. Факт того, що зменшення кількості днів з атмосферними опадами на тлі стійкої річної кількості свідчить про збільшення їх екстремальності, відповідно, зменшення ефективності.

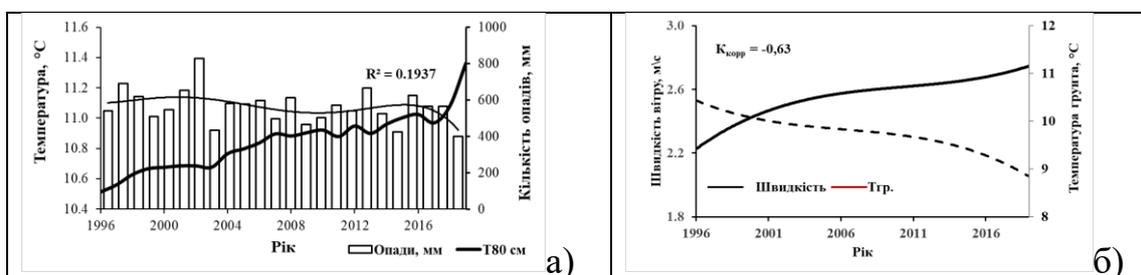


Рис. 6. Розподіл сумарних річних опадів а) та швидкості вітру б) і температури ґрунту за даними на МС Бориспіль за 1976-2019 рр.

Аналіз даних спостережень за швидкістю вітру та температури ґрунту га горизонті 80 см по ст. Бориспіль відображено на рис.6 б). Спостерігаємо зменшення швидкості на фоні підвищення температури ґрунту, коефіцієнт кореляції при цьому становить -0,63. Величина зменшення склала близько 1м/с за більш як 40 років спостережень. Вітер сприяє перемішуванню повітряних мас, що має призводити до охолодження ґрунту. З іншого боку, в результаті впливу вітру спостерігається ерозія ґрунту, як наслідок чого, його температура буде підвищуватись.

На сьогодні на всіх рівнях - від шкіл і широкої громадськості до керівників підприємств та урядовців - необхідна освіта і просвіта щодо зміни клімату, її наслідків і потенційних заходів реагування. Покращення розуміння суспільством проблем зміни клімату допоможе отримати необхідні відповіді. У навчанні, інформуванні та стимулюванні діалогу важливу роль відіграють засоби масової

інформації, а також інші організації та платформи, які сприяють інформованості та освіченості щодо зміни клімату та довкілля [2, 7, 9, 10].

Висновки. Проведений аналіз підтверджує наявність змін характеристик ґрунту в районі станції Бориспіль під впливом глобальних змін клімату:

1. спостерігається стійка тенденція до збільшення тривалості сонячного саява – кореляція з температурою ґрунту скала 0,63;

2. максимальне підвищення середньої температури повітря спостерігається влітку (липень-серпень), тоді як максимальні підняття температури ґрунту маємо у вересні-жовтні – із запізненням 2-3 місяці; кореляція становить 0,8;

3. річна сума атмосферних опадів майже не змінювалась, проте має місце зміни їх перерозподілу впродовж року – центр ваги змістився в холодні місяці, що знижує ефективність опадів в цілому;

4. зменшення кількості опадів влітку буде призводити до підвищення температури ґрунту – зворотна кореляція -0,42;

5. зменшення кількості днів з опадами на фоні стійкої їх кількості свідчить про збільшення їх екстремальності; що в свою чергу, має негативно впливати на стан ґрунтів, збільшуючи їх ерозію;

6. спостерігається стійка тенденція до зменшення відносної вологості повітря, що має збільшувати випаровуваність з поверхні землі;

7. зменшення середньої швидкості вітру сприяє підвищенню температури ґрунту - кореляція в даному випадку склала -0,63.

Список джерел:

1. Кліматичний кадастр України [Електронний ресурс] / Державна гідрометеорологічна служба та ін. Електрон. дан. (29, 5 Мб). Київ, 2006.

2. Клімат України / За ред. В. М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ : УкрНДГМІ, 2003. 343 с.

3. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896.

4. Чіткий сигнал діяти вже зараз: що розповіли українські співавтори шостого звіту МГЕЗК про його ключові висновки. URL: <https://ecoaction.org.ua/chitky-syhnal-diaty-ipcc.html> (Дата звернення: 01.12.2025).

5. Щербань М. І. Клімат і врожаї на Україні. К.: Знання, 1991. 32 с.

6. Адаменко Т. І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Видавництво ТОВ «РІА»БЛПЦ, 2014. 20 с.

7. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / С.П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко; за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.

ПРОЄКТИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ АГРОСФЕРИ

Черчик Л.М.,

доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту

Волинський національний університет імені Лесі Українки,
м. Луцьк, Україна

Аграрна сфера є однією з найбільш вразливих до змін клімату, тому в Стратегії низьковуглецевого розвитку України, що затверджена на період до 2050 року, серед трьох основних завдань виділено два, які стосуються агросфери: «Збільшення обсягів поглинання й утримання вуглецю шляхом застосування кращих практик ведення сільського та лісового господарства, адаптованих до зміни клімату» (завдання 2); «Скорочення викидів ПГ, таких як метан та закис азоту (N_2O), пов'язаних переважно з виробництвом викопного палива, сільським господарством і відходами» (завдання 3). Стратегія передбачає вдосконалення діяльності у сільському господарстві та землекористуванні [1]. Тобто сучасна агросфера є важливою складовою економічного розвитку та продовольчої безпеки і водночас – джерелом значного антропогенного навантаження на довкілля, зокрема через викиди парникових газів, деградацію ґрунтів, забруднення водних ресурсів і втрату біорізноманіття.

Особливості розвитку агросектора в умовах глобальних кліматичних змін викладено в аналітичній доповіді [2]. Колективом вчених Національного інституту стратегічних досліджень та Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства проаналізовано ризики та можливості функціонування, визначено перспективи розвитку аграрного сектора України в умовах кліматичних змін, розглянуто пріоритетні напрями розвитку кліматично орієнтованого сільського господарства, запропоновано напрями адаптації кліматично орієнтованого агровиробництва, визначено основні аспекти державної політики щодо формування кліматично орієнтованого сільського господарства [2, с. 30-42].

Як ключовий інструмент реалізації кліматичної політики на різних рівнях управління у науковій літературі розглядаються природоохоронні проєкти. В основі такого підходу лежить розуміння того, що екологічні ініціативи здатні поєднати довгострокові кліматичні цілі з конкретними економічними та соціальними результатами, особливо в аграрних регіонах. Згідно з дослідженнями [3], природоохоронні проєкти у сфері землекористування, агролісництва, управління водними ресурсами та ґрунтами, вважаються найефективнішими заходами пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до неї. Особливо підкреслюється роль так званих *nature-based solutions (NBS)*, які включають екосистемне управління та регенеративне землеробство як інструменти скорочення викидів парникових газів і підвищення екосистемної стійкості.

У цьому контексті важливу роль відіграють проекти, орієнтовані на інтеграцію сталих практик землекористування, запровадження агроекологічних технологій, збереження та відтворення природного капіталу, набувають стратегічного значення для зменшення вуглецевого сліду аграрного виробництва [4].

Проекти з відновлюваного (регенеративного) землеробства займають центральне місце у сучасних стратегіях декарбонізації агросфери, оскільки вони спрямовані не лише на зменшення негативного впливу на довкілля, а й на активне відновлення природного потенціалу агроєкосистем. Їх значення в контексті формування кліматично нейтрального агровиробництва полягає у поєднанні кліматичних, екологічних та економічних ефектів, що досягаються за рахунок цілісної трансформації агротехнологій, управлінських практик і взаємодії з природними процесами. Зокрема, застосування технологій регенеративного землеробства забезпечує зниження викидів CO₂, CH₄ та N₂O завдяки зменшенню або повній відмові від глибокої оранки, що запобігає мінералізації ґрунтової органіки; оптимізації використання мінеральних добрив, зокрема азотних, які є джерелом викидів оксидів азоту; інтеграції тваринництва та рослинництва для замкнутого кругообігу поживних речовин. Регенеративне землеробство сприяє формуванню резилієнтних агроєкосистем, які краще витримують посухи, зливи, ерозію, коливання температур. Ґрунти стають структурно стійкішими, з вищим рівнем вологи та біологічною активністю, що знижує потребу в штучному поливі та хімізації. Проекти такого типу все активніше інтегруються в інструменти кліматичної політики: національні плани скорочення викидів, сертифікаційні механізми вуглецевих ферм, системи екомаркування продукції. Це відкриває доступ до фінансування з міжнародних кліматичних фондів, зелених облігацій, грантових програм (зокрема EU Green Deal, Horizon Europe).

Сектор тваринництва є одним із найбільших джерел викидів парникових газів у сільському господарстві, зокрема метану (CH₄). Тому важливим кроком трансформації агросфери в напрямку кліматичної нейтральності є проекти з модернізації тваринницьких комплексів, які дозволяють зменшити викиди, підвищити енергоефективність і оптимізувати управління ресурсами. Такі модернізаційні проекти стосуються впровадження біогазових установок для переробки гною в енергію (електро- або теплоенергію); закриті системи зберігання гною, які обмежують контакти з повітрям; системи компостування, що зменшують непередбачувані викиди. Результатом є скорочення обсягів неконтрольованого викиду метану та заміщення викопного палива за рахунок виробленої біоенергії. Водночас, проекти модернізації створюють умови для покращення санітарних і трудових стандартів, сприяють сертифікації продукції як «зеленої», забезпечуючи відповідність вимогам екологічного законодавства ЄС, що відкриває доступ до європейських ринків і фінансових інструментів.

Агролісівничі проекти розглядаються як один із найбільш перспективних напрямів досягнення кліматично нейтрального агровиробництва, оскільки забезпечують одночасну реалізацію кількох екологічних, кліматичних і

соціально-економічних цілей. Агролісівництво – це форма інтегрованого землекористування, яка поєднує вирощування сільськогосподарських культур і/або тварин з довготривалими насадженнями дерев чи чагарників на одній площі. Дерев та чагарники, які висаджуються в межах агролісівничих систем, поглинають CO₂ з атмосфери через фотосинтез і накопичують вуглець у деревині, кореневій системі та ґрунті. Таким чином агролісівництво діє як вуглецевий «поглинач», компенсуючи викиди, що утворюються внаслідок сільськогосподарської діяльності.

Системи агролісівництва сприяють збагаченню ґрунтів органічною речовиною, покращують структуру ґрунту, знижують ризик ерозії та сприяють накопиченню гумусу. Деякі види дерев (особливо бобові) також фіксують атмосферний азот, покращуючи родючість без потреби в мінеральних добривах.

Агролісівничі проекти підвищують стійкість агросистем до змін клімату. Дерев створюють мікроклімат, захищають поля від вітру, знижують температуру поверхні ґрунту, зменшують випаровування вологи. Це важливо в умовах посух, хвиль спеки чи ерозійних процесів, що стають дедалі частішими через зміну клімату. У межах агролісівничих систем можлива заготівля деревини, біомаси, плодів, лікарських рослин. Це створює додаткові джерела доходу для фермерів і стимулює розвиток біоекономіки, що орієнтована на замкнені цикли та енергонезалежність. Інтеграція дерев у сільськогосподарські угіддя сприяє формуванню екологічної мозаїки, яка є сприятливою для запилювачів, птахів, комах і диких рослин. Це підсилює природну регуляцію шкідників і стійкість екосистем до зовнішніх впливів.

Біоенергетичні проекти – це ініціативи, спрямовані на виробництво енергії з біомаси сільськогосподарського походження (відходів рослинництва, тваринництва, спеціальних енергетичних культур), які забезпечують відновлювану альтернативу викопному паливу. У контексті переходу до кліматично нейтрального агровиробництва, такі проекти мають системне значення, оскільки поєднують декарбонізацію енергоспоживання, раціональне управління ресурсами та економічну вигоду для аграрних виробників. Використання біоенергії дозволяє суттєво скоротити викиди CO₂, CH₄ та інших парникових газів. Біоенергетичні проекти дозволяють створити циркулярні агросистеми, в яких: відходи рослинництва і тваринництва перетворюються на енергетичний ресурс; побічні продукти виробництва (наприклад, дигестат після біогазу) використовуються як органічне добриво; знижується залежність фермерів від зовнішніх джерел енергії.

Проекти, спрямовані на ефективне управління водними ресурсами та меліорацію, є важливою складовою формування кліматично нейтрального агровиробництва. В умовах зміни клімату, що супроводжується частішими посухами, зливами, зниженням рівня ґрунтових вод та деградацією іригаційної інфраструктури, ці проекти дозволяють досягати адаптаційної, екологічної та вуглецевої ефективності у сільському господарстві. Сучасні меліоративні проекти включають перехід до енергоефективних і кліматично дружніх систем, що мінімізують викиди CO₂, зменшують споживання енергії і сприяють збереженню водного балансу. У проектах нового покоління акцент зміщується з

інженерної меліорації на екосистемне управління водою. Серед практик, що сприяють кліматичній нейтральності: крапельне та підґрунтове зрошення, що забезпечують точне дозування води з мінімальними втратами; мульчування та покривні культури, які зменшують випаровування; створення водозатримуючих споруд, ставків і ландшафтного мікрорельєфу для накопичення дощової води; цифровий моніторинг вологості ґрунту для управління поливом на основі даних.

Кліматично нейтральне агровиробництво має бути резилієнтним до посух, паводків, нестабільності водопостачання. Проекти управління водними ресурсами відіграють тут ключову роль, дозволяючи: підтримувати урожайність у кризових умовах; уникати деградації земель; забезпечувати продовольчу безпеку на регіональному рівні.

Важливу роль у забезпеченні кліматично нейтрального агровиробництва відіграють екоосвітні та демонстраційні проекти в агросфері, оскільки формують екологічну свідомість, професійну компетентність і практичні навички аграріїв, спрямовані на зниження вуглецевого сліду сільськогосподарської діяльності. В умовах трансформації агросектору відповідно до вимог кліматичної політики та переходу до сталих моделей виробництва, ключовим завданням стає підготовка та мотивація виробників до впровадження ресурсоефективних, адаптивних та екологічно безпечних рішень. Завдяки екоосвітнім ініціативам забезпечується системна просвіта фермерів, аграрних фахівців, студентства й місцевих громад щодо причин, наслідків і шляхів подолання кліматичних змін в агросфері. Такі проекти не лише популяризують поняття кліматичної нейтральності та сталого землекористування, а й сприяють формуванню нової управлінської культури, орієнтованої на довгострокове збереження природного капіталу. Водночас вони є інструментом соціального згуртування навколо екологічно значущих ініціатив, створюючи передумови для активного громадського залучення до природоохоронних практик.

Таким чином, природоохоронні проекти в агросфері є інструментами не лише охорони довкілля, а й підвищення ефективності агровиробництва, зниження кліматичних ризиків і досягнення цілей сталого розвитку.

Список джерел:

1. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. URL: [Layout 1](#)
2. Перспективи розвитку аграрного сектора України в умовах кліматичних змін : аналіт. доп. / за наук. ред. Я. А. Жаліла. Київ : НІСД, 2024. 47 с. DOI: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.09>
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
4. Черчик Л.М., Караїм О.А., Караїм В.П. Природоохоронні проекти розвитку агросфери як інструмент організаційно-економічного механізму формування низьковуглецевої економіки. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна*. 2025, № 1 (31). С. 36-45. [http://doi.org/10.31474/1680-0044-2025-1\(31\)-36-45](http://doi.org/10.31474/1680-0044-2025-1(31)-36-45)

СТРАТЕГІЧНІ ОРІЄНТИРИ АГРОЛІСОМЕЛІОРАТИВНОГО ОБЛАШТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ В АСПЕКТІ ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ

Ярова І. Є.,

кандидат економічних наук, доцент,
докторант кафедри міжнародних економічних відносин,
Сумський державний університет,
м. Суми, Україна

Екологічно безпечне використання та відтворення ґрунтових ресурсів передбачає збалансовану територіально-просторову організацію сільськогосподарських земель на агролісомеліоративній основі. Екосистемна єдність і взаємозалежність аграрних і лісових біогеоценозів об'єктивно обумовлює необхідність і доцільність агролісомеліоративного облаштування сільськогосподарських земель (безумовно і в контексті сталого розвитку сільських територій) у вигляді системи (комплексу) захисних лісових насаджень, полезахисних лісових полос, а також ділянок аграрних лісів. Екологічно збалансована лісомеліоративна інфраструктура в межах агролісових ландшафтів, територіально-просторова єдність лісомеліоративних та захисних насаджень є довготерміновим та ефективним еколого-економічним засобом забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського виробництва, а також покращення використання та відновлення ґрунтів з урахуванням глобальних кліматичних викликів.

Стратегічні орієнтири лісомеліоративного облаштування сільських територій, земель сільськогосподарського призначення повинні охоплювати:

1. Збільшення обсягів відтворення захисних лісових насаджень різних просторово-цільових форм з метою забезпечення оптимальної лісистості території та полезахисної лісистості. Мова повинна йти про організацію комплексного агролісомеліоративного виробництва у системному вигляді, зокрема у форматі кластерних структур.

2. Моделювання та ранжування територій агроландшафтів щодо пріоритетності, масштабності та інтенсивності заходів з лісорозведення на основі здійснення програмно-проектних заходів (зокрема, на основі програмно-цільового підходу) з використанням цифрових технологій з урахуванням воєнного стану та наявності екодеструктивних наслідків від бойових дій.

3. Врахування агролісомеліоративного облаштування сільськогосподарських земель (територій) в організаційно-технологічній системі, щодо підвищення ролі ґрунтів у декарбонізації екосистем, розвитку низьковуглецевого агрогосподарювання.

4. Підвищення рівня інтегрованого багатоцільового використання економічних та соціально-екологічних функцій агролісомеліоративних (захисних) насаджень, особливо у малолісних та ерозійно небезпечних регіонах та забезпечення їх паритету.

5. Делегування певною мірою функцій проєктного планування, управління та контролю за станом агролісомеліоративного територіально-просторового розвитку місцевим територіальним громадам.

6. Впровадження інноваційно-інвестиційних та компенсаційно-регулюючих механізмів сталого просторового розвитку агролісомеліорації.

7. Залучення іноземного капіталу до агролісомеліоративного виробництва (господарювання) на основі європейських екологічних директив.

8. Розвиток інформаційно-аналітичного забезпечення щодо оцінки соціально-еколого-економічної результативності та ефективності лісомеліоративного облаштування, сільськогосподарських земель, сільських територій на основі моніторингових систем та ІТ-технологій з урахуванням інтересів різноманітних стейкхолдерів. Зокрема, доцільно розробляти систему агролісомеліоративного кадастру.

Стратегічні орієнтири розвитку агролісомеліорації повністю узгоджують з Порядком сталого розвитку та цілями сталого розвитку до 2030 року та Директивами ФАО щодо сталого сільського господарства та розвитку села. Агролісомеліорацію також необхідно розглядати у контексті ініціатив європейського рівня, включаючи Загальноєвропейську стратегію біорізноманіття та землекористування, Європейську конвенцію з пейзажів та Загальноєвропейську програму зміни клімату. Агролісомеліорацію в ЄС слід також розуміти і в контексті Спільної аграрної політики (САР), Декларації Корка 2.0 (заснована суб'єктами, що займаються землями сільського та лісового господарства), а також Директиви 91/676/ЄЕС, спрямованої на охорону вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел [1].

Зроблено акцент, що економічно розвинутих країнах створення позахисних смуг лінійного типу є невід'ємною складовою в системі сталого розвитку сільськогосподарського землекористування, що безумовно сприяє екобезпечному використанню та відтворенню ґрунтових ресурсів. Досвід цих країн свідчить про необхідність прийняття на державному рівні програм створення захисних лісових насаджень з бюджетним фінансуванням, що сприятиме мотивації суб'єктів агрогосподарювання до здійснення лісомеліоративних заходів.

Відмічається, що не зважаючи на відому меліоративну, еколого-економічну та соціальну значимість територіальних агролісомеліоративних комплексів, їх кількість, лісівничий стан та безсистемне розміщення в Україні не відповідають науково обґрунтованим вимогам. Це особливо необхідно враховувати у післявоєнний період.

Сучасне уявлення про ефективність лісомеліоративного облаштування а земель сільськогосподарського призначення потребує більш поглибленого дослідження стратегічних соціально-еколого-економічних оцінок і механізмів регулювання сталого розвитку агролісомеліорації у просторовому вимірі і на концептуальних засадах «зеленої» та нейтральної економіки, економіки екосистемних послуг лісів та методології капіталізації природних ресурсів.

Комплексний механізм регулювання сталого просторового розвитку агролісомеліорації має бути адаптивним та гнучким для адекватного реагування на соціо-еколого-економічні проблеми функціонування агролісомеліоративних систем на різних ієрархічних рівнях просторової організації агрогосподарювання та використання й відтворення ґрунтових ресурсів. Еколого-економічний механізм сталого просторового агролісомеліоративного розвитку має бути цілісною та збалансованою системою організаційно-економічних форм і методів управління, які реалізуються у формі під механізмів, інструментів та технологій, за допомогою яких здійснюється організація та регулювання процесів створення агролісомеліоративних систем (комплексів) в межах агролісових ландшафтів.

Економічне регулювання розвитку агролісомеліорації на різних просторових рівнях потребує диверсифікації фінансового забезпечення, створення дієвих компенсаційно-регулюючих механізмів, а також удосконалення системи екологічних податків та платежів за збалансоване використання та відтворення ґрунтових ресурсів..

Стратегічні цільові орієнтири еколого-економічного регулювання просторового розвитку агролісомеліорації варто умовно поділяти на виробничо-економічні, екологічні та соціальні, що буде відповідати принципам сталого розвитку.

Список джерел:

1.Голян В.А., Саакаль О.В., Голуб О.А. Агролісомеліорація як ефективний засіб захисту водних об'єктів від забруднення нітратами із сільськогосподарських джерел: інституціональні передумови та фінансові механізми нарощення. *Агросвіт*. 2015. №22. С.3-10.

***Наукове забезпечення вимірювання,
управління та моніторингу ґрунтів,
порушених воєнними діями, попередження
їх деградації та сталого розвитку
сільських територій***

***Scientific support for the measurement,
management, and monitoring of soils affected
by military actions, prevention of their
degradation, and sustainable development
of rural areas***

БПЛА В АГРОВИРОБНИЦТВІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Биков М.І.,

дорадник з агрономії (свідоцтво №26/2017/2)

короткостроковий консультант

Програми з аграрного і сільського розвитку (АГРО), м. Київ, Україна

Косолап М.П.,

національний експерт ФАО з питань зберігаючого

землеробства та аграрної освіти 2021-23 р.

кандидат с.-г. наук, доцент кафедри землеробства та гербології

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ, Україна

Оверченко В.В.,

кандидат сільськогосподарських наук,

доцент кафедри землеробства та гербології

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ, Україна

Підготовлена в рамках проєкту Програми з аграрного і сільського розвитку (АГРО) для розвитку професії оператора дистанційно керованих безпілотних апаратів для агропромислового виробництва у закладах вищої освіти України з метою підвищення точності і оперативності агроскаутингу. Програма фінансується.

Сучасне сільське господарство стикається з численними викликами, серед яких — зміна клімату, деградація ґрунтів, зростання цін на ресурси та необхідність забезпечення продовольчої безпеки. У таких умовах традиційні підходи до землеробства втрачають ефективність, поступаючись місцем інноваційним агротехнологіям. Одним із ключових напрямів трансформації агросектору є впровадження цифрового землеробства — системи управління сільськогосподарським виробництвом, яка базується на зборі, обробці та аналізі просторово-часових даних стану окремих частин агроценозів для прийняття точкових рішень щодо кожної ділянки поля. [3]

Серед найперспективніших цифрових інструментів отримання оперативних даних про стан агроценозів — безпілотні літальні апарати (БПЛА), що здатні вивести агровиробництво на якісно новий рівень. БПЛА забезпечують оперативний моніторинг посівів, картографування території, аналіз вегетаційних індексів, диференційоване внесення добрив і засобів захисту рослин, а також точковий посів. Використання цих технологій дозволяє зменшити витрати ресурсів, підвищити врожайність і знизити навантаження на екосистему.

Для ефективного використання даної групи інструментів важливо інтегрувати БПЛА в освітній процес вищих аграрних закладів освіти. Підготовка операторів дронів із належним рівнем агрономічної, технічної та цифрової компетентності є запорукою успішної цифровізації агросектору. Особливої

актуальності це питання набуває в контексті післявоєнного відновлення економіки України та реінтеграції військових фахівців, які вже мають досвід роботи з БПЛА, в цивільну сферу. [3]

У традиційному землеробстві одиницею технологічного впливу є поле, незалежно від його розміру. Водночас кожна ділянка має просторову різноманітність родючості, що є основою природного ґрунтоутворення. Використання поля як єдиної одиниці для оцінки родючості й прийняття технологічних рішень може призводити не лише до позитивних, а й до негативних наслідків, наприклад, недостатня норма внесення добрив на одних і надто висока на других ділянках поля. Це стосується використання всіх матеріальних ресурсів - від добрив до посівного матеріалу.

Точне землеробство — це високотехнологічна система управління агровиробничими процесами, що ґрунтується на використанні оперативних даних про просторові та часові зміни стану сільськогосподарських угідь. Вона охоплює широкий спектр цифрових інструментів, зокрема геоінформаційні системи (ГІС), сенсори, супутникові та аерофотознімки, метеодані, а також алгоритми аналізу великих масивів інформації.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) — це автономні або дистанційно керовані пристрої, які здійснюють політ без участі пілота на борту. БПЛА активно інтегруються в концепцію точного землеробства, виконуючи функції моніторингу, картографування, зонування та диференційованого обробітку полів. Це дозволяє аграріям отримувати точну інформацію про стан посівів у реальному часі, виявляти зони стресу, дефіцит вологи чи поживних речовин, ураження шкідливими організмами і оперативно приймати управлінські рішення. Сучасні БПЛА обладнані мультиспектральними та тепловізійними камерами, GPS-навігацією, автоматичними системами керування та аналітичним програмним забезпеченням.

Цифрове землеробство — це інноваційна система ведення сільського господарства, яка ґрунтується на інтеграції цифрових технологій у всі етапи виробничого циклу — від обробітку ґрунту до збирання врожаю та оцінки ефективності агрозаходів. Його основною метою є підвищення точності, ефективності та рентабельності агровиробництва за рахунок збирання, обробки та аналізу великого обсягу просторово-часових даних.

Основні типи БПЛА, що застосовуються в сільському господарстві, включають коптери (мультироторні), літаки (fixed-wing) та гібридні моделі (VTOL). Коптери забезпечують високу маневровість, придатні для точкового обприскування та моніторингу у складних умовах. Літакові БПЛА здатні охоплювати великі площі та виконувати довготривалу зйомку. Гібриди поєднують переваги обох типів. Окрім цього, дрони можуть здійснювати посів дрібнонасіненних культур у важкодоступних зонах, де традиційна техніка не може працювати без шкоди для ґрунту або в період, коли неможливе використання звичайної сівалки. Наприклад, це стосується висівання покривних культур в основну культуру під час вегетації. Також можливе внесення добрив

за попередньо створеними картами зон живлення, що забезпечує ефективне використання ресурсів і зменшення витрат до 40%.

Таблиця.

Основні типи БПЛА у сільському господарстві

Тип БПЛА	Конструкція	Функції в агросфері
Коптери (мультироторні)	4–8 гвинтів, вертикальний зліт	Здійснення детального моніторингу посівів за допомогою RGB та мультиспектральних камер, локальне обприскування ЗЗР, точкове внесення добрив, виявлення фітосанітарних загроз
Літакові типи (fixed-wing)	Крила, горизонтальний політ	Масштабна аерофотозйомка великих територій, створення ортофотопланів і цифрових моделей рельєфу, виявлення зон вологозабезпечення та ерозійних процесів, побудова карт висот і ухилів.
Гібридні (VTOL)	Поєднання коптера та літака	Універсальні завдання — моніторинг великих площ з можливістю вертикального зльоту/посадки, швидке реагування на локальні зміни, обстеження полів у складних умовах.

У таблиці наведено основні типи безпілотників, які використовуються в сільському господарстві [4].

Перспективи розвитку застосування БПЛА в землеробстві. Світові тенденції свідчать про стрімке зростання ринку аграрних БПЛА. У Європі його обсяг може сягнути 17,6 млрд доларів США до 2035 року. Це зростання зумовлене постійним технічним удосконаленням безпілотників, здешевленням обладнання та інтеграцією штучного інтелекту в технологічні процеси вирощування сільськогосподарських культур. В Україні БПЛА вже активно використовуються: у 2021–2023 роках агродронами оброблено понад 3,1 млн га. Основними напрямками використання БПЛА є моніторинг посівів, обробка посівів ЗЗР, внесення добрив і посів [1].

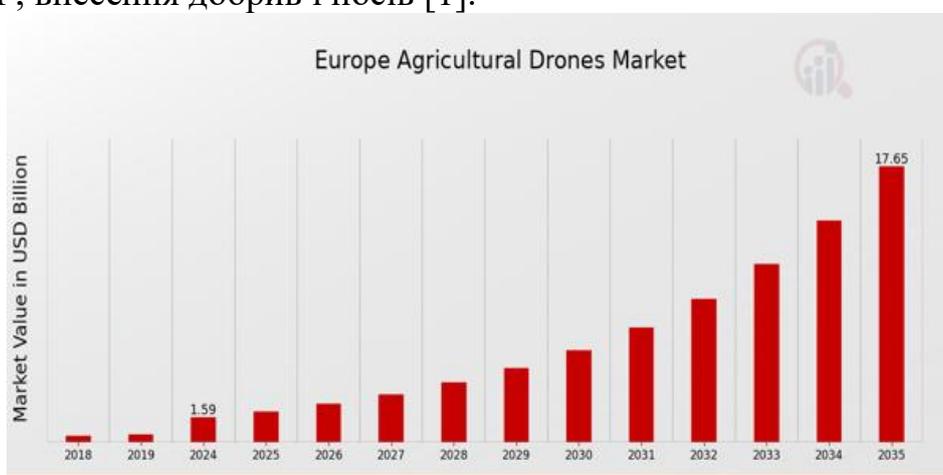


Рис. Динаміка обсягу ринку БПЛА в Європі
Джерело [1].

На рисунку відображена динаміка зростання ринку сільськогосподарських БПЛА у Європі у 2018–2035 роках. Згідно з прогнозом, обсяг ринку, що становив

1,59 млрд доларів США у 2024 році, зростатиме щорічно і досягне 17,65 млрд доларів у 2035 році [1].

Сьогодні точно землеробство охоплює практично весь сільськогосподарський цикл. У перспективі слід очікувати розвитку автономних роїв дронів, здатних виконувати завдання колективно, що знизить залежність від оператора. Крім того, розширення функцій БПЛА через застосування сенсорів ґрунту, атмосферних параметрів та біотичних факторів відкриє нові горизонти в агромоніторингу [3].

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) можуть здійснювати такі технологічні операції в землеробстві:

Обприскування посівів засобами захисту рослин. БПЛА-обприскувачі можуть працювати за заданим маршрутами з автоматичним розрахунком витрати робочої рідини відповідно до карти поля. Зональне обприскування здійснюється на попереднього виявлених зонах ураження хворобами або шкідниками. За допомогою мультиспектрального аналізу результатів моніторингу створюються карти-завдання. БПЛА-обприскувачі (наприклад, DJI Agras T40, XAG V40) отримують маршрут із чітко визначеними координатами обробки [2].

Посів дрібнонасіньових культур або сидератів. Посів проводиться з використанням БПЛА-розсіювачів, що забезпечують рівномірний розподіл насіння навіть у важкодоступних зонах. Посів дронами застосовується для висіву сидератів, дрібнонасіньових культур (наприклад, люцерни, фацелії, гірчиці) розкидним способом. Особливо ефективний у важкодоступних зонах, на схилах або ділянках із надмірною вологістю, де наземна техніка не може працювати без пошкодження ґрунту. БПЛА-розсіювачі, як-от XAG R150 або DJI Agras T10, забезпечують рівномірний поверхневий розподіл з точним дозуванням [2].

Внесення рідких та твердих добрив. БПЛА дозволяють проводити диференційоване внесення добрив на основі попереднього аналізу карт продуктивності та зон живлення. Для внесення рідких добрив застосовують БПЛА-обприскувачі (наприклад, DJI Agras T40, XAG V20), які здатні рівномірно та ефективно вносити рідкі мінеральні добрива, мікроелементи або біопрепарати з урахуванням зонального підходу до живлення культур, що особливо важливо для управління живленням в період вегетації культури [2].

Інтеграція БПЛА в агротехнологічний моніторинг.

Сучасні безпілотні літальні апарати (БПЛА) можуть здійснювати моніторинг агрофітоценозів, забезпечуючи збір просторових та спектральних даних. Як відмічено вище, вони можуть оснащуватися самим різноманітними приладами дистанційного моніторингу. За допомогою БПЛА за рахунок мультиспектральних знімків можна аналізувати вміст хлорофілу, вологи, а також виявляти патогени та шкідників. Індекси вегетації (NDVI, GNDVI, SAVI) забезпечують кількісну оцінку біомаси, фотосинтетичної активності та потенційної урожайності. Інтеграція цих даних з ГІС-системами дозволяє формувати карти-завдання та оптимізувати використання ресурсів. У результаті

це дозволяє аграріям підвищувати продуктивність агросистем і знижувати витрати на польові роботи [3].

Проблема підготовки кадрів для роботи з БПЛА в агропромисловому виробництві. Однією з проблем швидкого впровадження БПЛА в агросекторі є нестача кваліфікованих фахівців. Для ефективної роботи оператор дронів має володіти широким спектром знань — від агрономії та геоінформатики до технічного обслуговування та програмування. В Україні започатковано освітні програми для підготовки операторів БПЛА на базі закладів вищої освіти, зокрема в межах Програми з аграрного і сільського розвитку (АГРО), що реалізується за підтримки USAID. Такі ініціативи спрямовані на формування нової генерації цифрових агроспеціалістів. Водночас існує потреба у розробці методичних рекомендацій, стандартів і сертифікації професії, що дозволить гармонізувати підготовку кадрів і забезпечити високий рівень безпеки та ефективності використання БПЛА в агровиробництві. Таким чином, формування кадрового потенціалу — критичний елемент успішної цифровізації сільського господарства. Без підготовлених фахівців технології залишатимуться недосяжними для більшості аграріїв, а отже — потрібне системне вирішення цього питання.

В Україні сьогодні добре підготовлені оператори дронів активно залучені до ведення бойових дій. Після завершення війни цих фахівців, після проходження короткої аграрної підготовки, доцільно інтегрувати в народне господарство, зокрема в сільське господарство, де їхні навички можуть бути ефективно використані для виконання технологічних операцій із застосуванням безпілотних літальних апаратів.

Список джерел:

1. Europe Agricultural Drones Market. URL: https://www.marketresearchfuture.com/reports/europe-agricultural-drones-market-44404?utm_source=chatgpt.com
2. Сільське господарство 4.0 — приклад розвитку в Україні. URL: https://kurkul.com/spetsproekty/1743-silске-gospodarstvo-40--priklad-rozvitku-v-ukrayini?utm_source=chatgpt.com
3. Методичні рекомендації агроскаутиingu за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). URL: https://aitc.edorada.org/storage/library/Методичні_рекомендації_агроскаутиingu_з_допомогою_БПЛА.%20версія%201%20від%2027.10.pdf
4. Типові професійні стандарти для операторів безпілотних авіаційних систем і дистанційно керованих апаратів в агропромисловому виробництві: кваліфікаційні вимоги, функції та сфери застосування. URL: <https://aitc.edorada.org/storage/library/Типові%20професійні%20стандарти%20БПЛА.%20версія%201%20від%2027.10.pdf>

КОМПЛЕКСНИЙ ВПЛИВ ДЕТОНАЦІЇ МІН І СНАРЯДІВ НА ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ: ПРОСТОРОВІ ТА ГЛИБИННІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ДЕГРАДАЦІЇ

Михайлюк В.І.,

доктор географічних наук, професор кафедри геодезії,
землеустрою та земельного кадастру
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

Вибухи мін і артилерійських снарядів є однією з найбільш руйнівних форм воєнного впливу на ґрунти і ґрунтовий покрив. Їх слід розглядати як окремий тип імпульсного техногенного впливу, що модифікує напрям ґрунтоутворення на локальному рівні. Утворення кратерів на поверхні з повним руйнуванням або перемішуванням існуючих горизонтів ґрунту традиційно описувався терміном *бомботурбація* [4]. Однак наявні дані свідчать, що бомботурбація є лише окремою складовою ширшого комплексу післявибухових ґрунтових трансформацій. Ключовим механізмом є явище, яке у наших дослідженнях окреслено терміном *бомбова ерозія ґрунтів* [1]. Йдеться про вибухове зрізання певного об'єму ґрунтової товщі з утворенням кратера і кавернозного мікрорельєфу, з відслоненням у вирві нижніх горизонтів ґрунту, викиданням, перемішуванням і розсіюванням ґрунтової маси. На відміну від класичних ерозійних процесів, бомбова ерозія має імпульсний характер, але також забезпечує перебудову структури ґрунтового покриву через формування зон видалення і зон акумуляції ґрунтової маси. Водночас найбільш виразна частина цієї структури (вирва і оточуючі кільцеві викиди) функціонують як гранично-структурні елементи – утворення, що виникають поза природним процесом ґрунтоутворення. В природі такими утвореннями є, наприклад, деревоповальні ями.

Дослідження демонструють, що вибухи впливають на ґрунтовий покрив у декількох взаємопов'язаних вимірах, у тому числі: у фізичному – через ущільнення, деструкцію структури та агрегатну трансформацію (спікання, укрупнення та фрагментацію агрегатів) [2], і в хімічному – через формування локальних аномалій хімічних елементів та просторову неоднорідність у вмісті органічної речовини й поживних елементів. Також встановлено, що детонація боєприпасів формує нову геохімічну структуру ґрунтового покриву через поєднання двох механізмів: привнесення матеріалу з корпусів боєприпасів та продуктів вибуху й підняття на поверхню ґрунтової маси, яка могла накопичити підвищені концентрації хімічних елементів унаслідок попередніх антропогенних впливів, зокрема порушення ґрунтів та їх підтоплення в приканальних зонах зрошуваних масивів [3].

У даному дослідженні проведено три рівні аналізу фізичної і хімічної трансформації ґрунтів: 1. Просторовий аналіз властивостей ґрунту у радіальному напрямі від центру вибуху. 2. Профільний аналіз для встановлення глибинних закономірностей, пов'язані з бомботурбацією та вертикальним перерозподілом

грунтового матеріалу. 3. Порівняльний аналіз – різниця між вирвами, сформованими різними типами боєприпасів та в різних ґрунтових умовах, а також у різний час, що дало змогу порівняти вирви, які відрізнялися тривалістю поствибухового періоду – від «свіжих» до таких, що пройшли часткові процеси відновлення структури та перерозподілу елементів. Таке поєднання дозволило виявити комплексний характер деградації ґрунтів і визначити взаємозв'язок між їхніми фізичними й хімічними властивостями після вибухів боєприпасів.

Полеві дослідження проводилися на деокупованій території правобережної частини Херсонської області. Досліджено декілька локацій, представлених вирвами різного генезису: вибухами артилерійських снарядів калібру 122/152 мм (локація № 8), протитанкових мін ТМ-62 (№ 1, 2, 3) і протипіхотних мін ПМН-2 (№ 6).

Частина вирв сформувалася безпосередньо під час бойових дій восени 2022 року (локації № 2, 8), інші – у результаті підривів під час розмінування влітку 2023 року (№ 1, 3, 6). Відбір зразків ґрунту виконувався в серпні 2023 року.

Ґрунтовий покрив представлений темно-каштановими й лучно-каштановими ґрунтами, а також чорноземами південними важкосуглинного складу, що забезпечує широкий спектр природних умов для аналізу вибухового впливу.

Фізичну деградацію оцінювали за допомогою структурного аналізу методом сухого просіювання з виділенням агрегатів за стандартними фракціями. Розраховано індекси: коефіцієнт структурної деструкції (КСД) – співвідношення маси брилуватої (>10 мм) й пилуватої ($\leq 0,25$ мм) фракцій до агрономічно цінних агрегатів (0,25-10 мм); коефіцієнт грудкуватості (Кгруд) – частка фракції >10 мм у загальній масі ґрунту; структурність – відсоток агрегатів розміром 0,25-10 мм; індекс структурного спікання (ІСС) – показник агломерації агрегатів як відношення маси брилуватої (>10 мм) до пилуватої (<0,25 мм) і, окремо, грудкуватої (<3 мм) фракцій, %.

Валові концентрації Pb, Cd, As, Cu, Zn, Ni визначали за допомогою стандартної методики із використанням 1N HCl та подальшим атомно-абсорбційним аналізом (МВВ 31-497058-016-2003).

Вибухи протитанкових мін не спричиняють істотних змін у гранулометричному складі ґрунтів, проте можуть змінювати співвідношення фракцій піску, пилу та глини внаслідок вибухової педотурбації, що викликає часткову інверсію горизонтів, особливо на ділянках із попередніми антропогенними порушеннями. Такий механізм найбільш виразно проявився у досліджуваній вирві № 2, утвореній в приканальній зоні, де виявлені ознаки порушення ґрунту при будівництві зрошувального каналу (рис. 1).

Детонація мін і снарядів спричиняє різко виражену фізичну трансформацію ґрунтової структури, яка проявляється у масштабній перебудові агрегатів. Термічний вплив та деформація ґрунту у результаті тиску ініціюють агломерацію дрібних частинок і формування грубобрилуватих фракцій, що є характерною ознакою післявибухової деградації. При цьому встановлений просторовий градієнт агрегатної перебудови. У всіх «свіжих» вирвах (№ 1, 3, 6)

зафіксовано різке збільшення частки фракції >10 мм у центрі вибуху, що свідчить про домінування процесу спікання. Особливо показово є вирва № 3, де фракція >10 мм у центрі зросла до 82,7% при 19,8% у контролі, а частка ≤0,25 мм зменшилася з 16,4% до 0,8% (рис. 2). Віддалення від епіцентру знижує вплив вибуху: на відстані 1-2 м інтенсивність структурної деструкції поступово зменшується, а на 3-3,5 м більшість показників наближається до контрольних значень.

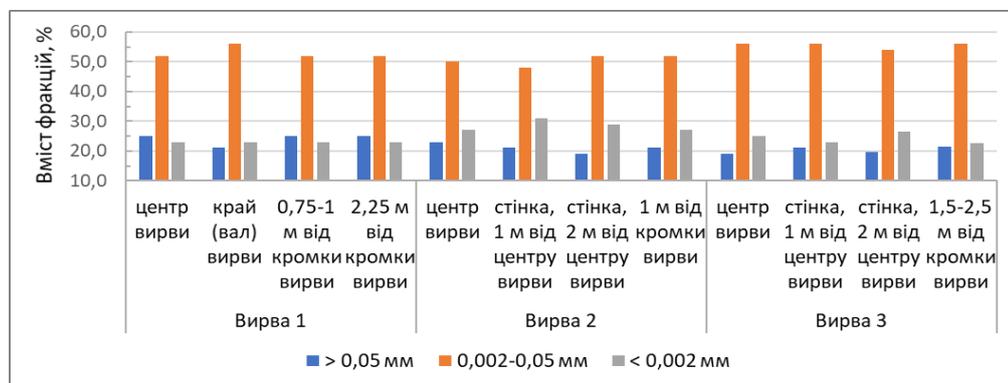


Рис. 1. Гранулометричний склад ґрунтів (шар 0-15 см) у вирвах, утворених при детонації протитанкових мін ТМ-62.

Розрахунок індексів (табл.) наочно демонструє масштабність структурної деградації. У центрі вирви № 3 показники виразно змінилися: КСД: ↑ у 8,3 рази; Кгруд: ↑ у 24 рази; структурність: ↓ на 74%; ICC<3: ↑ у 43 рази; ICC<0,25: ↑ у 86 разів.

Таблиця.

Інтегральні показники структурного стану ґрунту у вирві № 3

Показник	Центр вирви № 3 (0-15 см) порівняно з контролем
КСД	Збільшення у 8,3 рази
Кгруд	Збільшення у 24,0 рази
Структурність	Зменшення на 74,0%
ICC<3	Збільшення у 43,0 рази
ICC<0,25	Збільшення у 86,2 рази

У той же час, виявлені ознаки нестійкості спеченої структури і спроможність самовідновлення. У вирвах, що були утворенні за рік до відбору зразків (№ 2 і № 8), спостерігається фрагментація грубих агрегатів і часткове повернення до структури, наближеної до контрольної. Так, у вирві № 2, що сформувалася восени 2022 року, фракція >10 мм становила 29,6% (нижче, ніж у контролі – 35,9%); частка 0,25-10 мм була вищою за контроль. Подібна картина характерна і для вирви № 8 (артилерійський снаряд), де частка фракції >10 мм у центрі практично відповідала контролю (рис. 3).

Таким чином, вибухове спікання є процесом короткої тривалості, і його стабільність визначається поствибуховими умовами (розмокання, кріодеструкція, біологічне відновлення).

Глибинний аналіз виявив нелінійний характер розподілу агрегатів, що суперечить монотонним профілям, властивим природним ґрунтам. Найбільш показовий приклад – вирва № 3 на відстані 1 м від центру: 0-15 см: 73,2% >10 мм; 15-30 см: 34,3% >10 мм; 30-45 см: 65,7% >10 мм. Такий «зламаний» профіль пояснюється кількома механізмами: 1) бомботурбацією – переміщенням матеріалу з глибших шарів із меншою часткою гумусу і більшою часткою щільних агрегатів; 2) гравітаційним осипанням по стінках вирви, що переносить важчі агрегати до нижніх рівнів вирви; 3) ущільненням вибуховою хвилею, яка спричиняє агломерацію чи ущільнення агрегатів на певних глибинах, особливо у вологих нижніх горизонтах; 4) термічним висиханням, яке сприяє формуванню щільних блоків с поверхні. Інтенсивне тепло від вибуху спричиняє швидке випаровування вологи та подальше зв'язування частинок, що призводить до формування сухих крупних агрегатів.

Таким чином, глибинний профіль вирв складається з мозаїки різних структурних станів, що є ключовою ознакою фізичної деградації ґрунтів у межах новосворених вибухами гранично-структурних елементів.

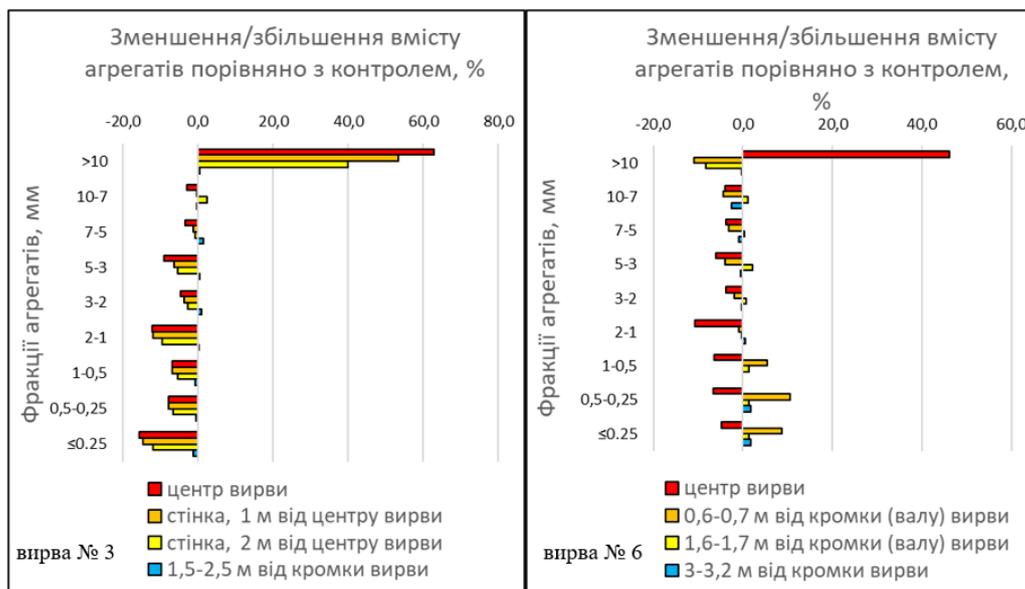


Рис. 2. Показники спікання агрегатів у поверхневому шарі (0-15 см) ґрунту вирви № 3, утвореної підривом декількох протитанкових мін ТМ-62, і вирви № 6, утвореної підривом декількох протипіхотних мін ПМН-2

Ключовою закономірністю зміни хімічного складу ґрунтового покриву після детонації є відсутність системного воєнно-техногенного забруднення при одночасній наявності локальних геохімічних аномалій, формування яких зумовлене як привнесенням хімічних елементів, так і поєднанням поствибухового підняття глибинного матеріалу та специфічних властивостей конкретної ділянки. У вирвах валові концентрації Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Mn, В та Мо були нижчими за ГДК. Арсен у всіх пробах перевищував норматив (2 мг/кг), хоча здебільшого залишався нижчим за регіональний фон (5 мг/кг).

Найбільш виразно перевищення фонових рівнів вмісту хімічних елементів спостерігалось у вирві № 2, утвореній підривом кількох протитанкових мін ТМ-62 у приканальній зоні. Тут виявлені найвищі концентрації майже всіх елементів. Наприклад, коефіцієнт перевищення контролю по Zn у центрі досягав 4,5–6, а індекс сумарного забруднення становив 1,99 – найбільше серед усіх локацій. Ключовим поясненням цього є попереднє забруднення ґрунту, спричинене техногенним впливом у межах зрошувального каналу через оглеювання глибоких горизонтів (спостерігалось нами), яке сформувало умови мобілізації металів, і через періодичне підтоплення, яке сприяло переносу та акумуляції елементів у глибинних горизонтах. Вибух просто виніс на поверхню ці шари, і хімічна аномалія у даному випадку не результатом привнесення забруднювачів, а наслідком вертикального підняття вже забрудненого матеріалу.

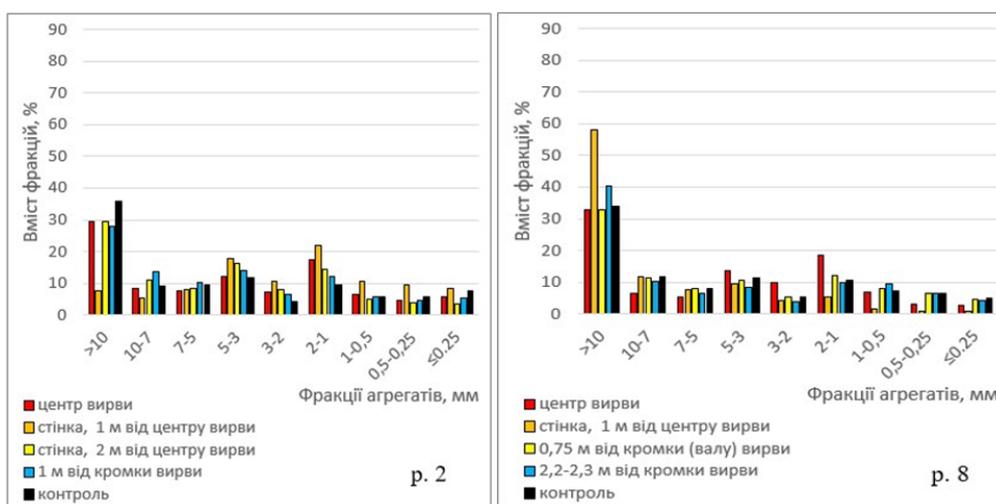


Рис. 3. Вміст фракцій повітряно-сухих агрегатів у поверхневому шарі (0-15 см) ґрунту вирви, утворених за рік до відбору зразків (№ 2 – підрив протитанкової міни ТМ-62, № 8 – детонація артилерійського снаряду 122 чи 156 мм)

Локальне накопичення Pb і Zn, Ni у центрі вибуху виявлено у відносно невеликій вирві, утвореній підривом декількох протипіхотних мін ПМН-2. Ймовірно, це результат менших масштабів розсіювання ґрунту та внесення компонентів самого боєприпасу.

Отже, геохімічний стан території після вибухів визначається передусім поєднанням двох груп чинників. По-перше, це характер до-вибухових антропогенних впливів (зрошення, підтоплення, рекультиваційні порушення, техногенне накопичення металів) у поєднанні з привнесенням хімічних елементів та фрагментів боєприпасів під час детонації мін і артилерійських снарядів. По-друге, підняттям на поверхню глибинного матеріалу та різними варіантами перемішування ґрунтів (бомботурбація, осипання, вибухове зрізання), що формують локальні та просторово неоднорідні геохімічні аномалії.

Ймовірно, ці групи чинників утворюють єдину систему взаємодії, в якій фізичні наслідки вибуху (зміна структури, спікання та укрупнення агрегатів, трансформація мікрорельєфу) безпосередньо впливають на характер і масштаб хімічних змін. Формування вирви із спеченою та укрупненою структурою

зменшує питому поверхню частинок, впливаючи на потенційну сорбційну здатність, змінює карбонатний профіль ґрунту і його окисно-відновні умови, що здатне впливати на рухомість і стабільність окремих металів, модифікувати гідрологічний режим на локальному рівні.



Рис. 4. Вміст валових форм хімічних елементів вирвах №№ 1, 2, 3, 6 порівняно з контрольними ділянками (шар ґрунту 0-10 см)

Таким чином, післявибухова трансформація ґрунтів не є виключно фізичним або виключно хімічним явищем. Вона являє собою синергетичну систему, у якій бомбова ерозія з елементами бомботурбації і деградації структури ґрунту спільно визначають просторово-геохімічну організацію ґрунтового покриву (рис. 5).

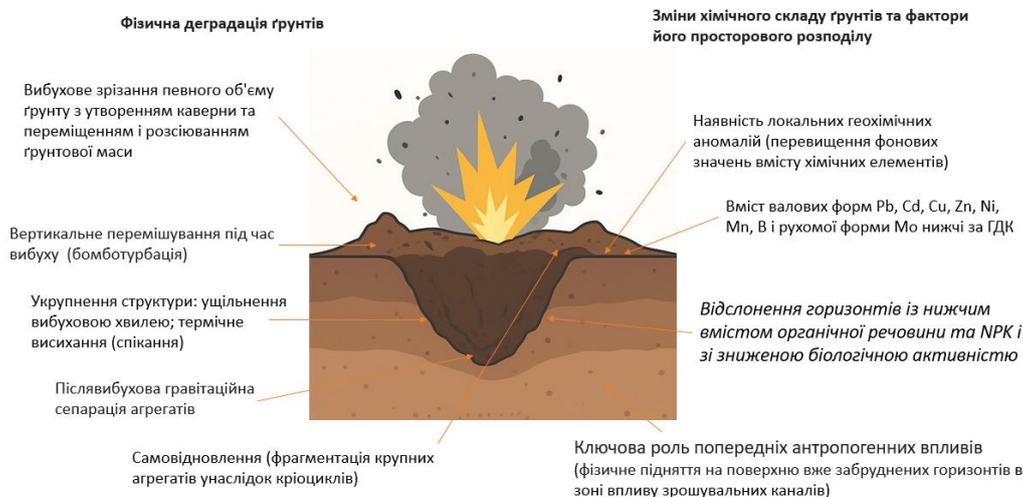


Рис. 5. Бомбова ерозія ґрунтів: механізми деградації

Для коректної оцінки наслідків бойових дій на ґрунтовий покрив необхідний інтегрований діагностичний підхід, що враховує просторову (від центру вирви до периферії) та глибинну (інверсія горизонтів) структуру і динаміку фізичних порушень, роль довоєнних і техногенних факторів, що визначають сучасний хімічний фон.

Список джерел:

1. Михайлюк В. Особливості розподілу органічної речовини і елементів живлення при бомбовій ерозії ґрунтів. Зб. матеріалів Міжнар. наук.-пр. конф. «Сучасні тенденції розвитку геодезії, землеустрою та природокористування», (м. Одеса, 13-14 червня 2024 р.). Одеса, 2024. С. 13-18.

2. Михайлюк В. Просторові параметри розподілу хімічних елементів у ґрунтах зон вибухів мін і снарядів. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти*: збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців, 2-3 жовтня 2025р., Одеса: Одеський державний аграрний університет, 2025. С. 208-215.

3. Михайлюк В. Бомбова ерозія ґрунту: просторові та глибинні закономірності фізичної деградації. Генеза, географія та екологія ґрунтів. Збірник наукових праць Всеукраїнської наукової конференції «Українське ґрунтознавство: традиції, виклики та перспективи», присвяченої світлій пам'яті професора Степана Позняка (м. Львів, 3-4 жовтня 2025 року). Львів, 2025. Вип. 7. С. 138-148.

4. Hury, Joseph & Schaetzl, Randall. Introducing "Bombturbation," A Singular Type of Soil Disturbance and Mixing. *Soil Science*. 2006. 171. 823-836. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000228053.08087.19>

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ КАРТУВАННЯ, МОНІТОРИНГУ Й РЕАБІЛІТАЦІЇ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ: ЦИФРОВІ, БІОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ У ПІСЛЯВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ

Немиря М.Г.,

аспірант

Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН,

м. Київ, Україна

У 1991–2025 роках Україна зіткнулася зі значним погіршенням стану ґрунтових ресурсів, спричиненим інтенсивним землеробством, зміною клімату та масштабними воєнними діями. За оцінками Мінагрополітики, понад **33 %** українських ґрунтів зазнали різних форм деградації, а площі еродованих земель перевищують **6,5 млн га** [4]. Довготривале зниження гумусу становить **20–30 %** порівняно з початком ХХ століття, що ставить під загрозу стійкість агровиробництва. Воєнні дії додатково порушили структуру ґрунтів: за даними UNEP (2023), **понад 1,3 млн га** земель потенційно забруднені вибухонебезпечними речовинами, важкими металами й паливно-мастильними матеріалами [2]. У післявоєнний період ключовим завданням є формування сучасної системи картування, моніторингу та реабілітації ґрунтів, яка відповідає стандартам *A Soil Deal for Europe* та європейським екологічним директивам. Ґрунти України відіграють центральну роль у декарбонізації: загальні запаси органічного вуглецю оцінюються в **понад 12 млрд тонн**, однак щорічні втрати CO₂ від деградації досягають **30–35 млн тонн** [1; 6]. Тому відновлення ґрунтів є не лише агроекономічним, але й кліматичним пріоритетом. Сучасні технології картування ґрунтів базуються на інтеграції **геоінформаційних систем, супутникових даних Copernicus, цифрових моделей місцевості та дрон-моніторингу**. Супутникові індекси NDVI, Soil Water Index, CCI дозволяють оцінювати водний баланс, вуглецевий стан та ступінь деградації на рівні точності до **10–20 см** у випадку використання мультиспектральних БПЛА [3]. Українські дослідницькі установи вже створюють цифрові карти зон ураження ґрунтів воєнними діями, які включають класифікацію виврв, слідів техніки, контамінаційних плям та ерозійних ризиків. Розвиток систем моніторингу включає впровадження міжнародних стандартів *LUCAS Soil* (Land Use/Cover Area frame Survey), адаптованих Європейською комісією для оцінки здоров'я ґрунтів. У 2024–2025 роках українські наукові установи розпочали апробацію методик LUCAS на територіях Київської, Чернігівської та Харківської областей для оцінювання наслідків вибухів, ущільнення й втрати органічної речовини. Такі дослідження створюють фундамент для гармонізації української системи моніторингу ґрунтів із *EU Soil Observatory* [1]. Реабілітація та відновлення ґрунтів потребують поєднання біологічних та інженерних методів. Найбільш ефективними підходами є **біоремедіація**, фіторемедіація, внесення органічних добрив та застосування біовугілля (*biochar*). Дослідження НААН демонструють, що використання *biochar* на деградованих чорноземах здатне збільшувати запаси

органічного вуглецю на **15–25 %**, покращуючи водоутримання та структуру ґрунту [4]. Фіторе mediaційні культури — зокрема соняшник і ріпак — забезпечують вилучення важких металів зі зруйнованих ґрунтів на рівні **40–70 %** залежно від типу забруднення [5]. Особливої уваги потребують території, забруднені вибухонебезпечними речовинами. За даними UNDP, понад **30 %** площ України потребують обстеження та картування рівня ризику [2]. Наукові установи впроваджують комбіновані методи аналізу, що включають спектроскопію, газову хроматографію та мультиспектральне фотографування для виявлення слідів нафтопродуктів і вибухових речовин у верхньому шарі ґрунту. Важливим компонентом відновлення є взаємодія науки, освіти та бізнесу. Створення міждисциплінарних кластерів — «Ґрунти та відновлення», «Агроінжиніринг і біотехнології», «Цифрове землеробство» — сприяє швидкому трансферу технологій у практику фермерських господарств. Розвиток сервісів відкритих даних (AgriData Hubs) забезпечує доступ до карт деградації, моделей прогнозування ризиків і рекомендацій щодо ремедіації. Водночас національна політика управління ґрунтовими ресурсами, визначена у Стратегії управління ґрунтовими ресурсами України до 2050 року (2023), формує рамку для гармонізації стандартів із вимогами ЄС та практиками післявоєнного відновлення ґрунтів [7].

Таким чином, сучасні технології картування, моніторингу й реабілітації ґрунтів формують науково-технічну основу післявоєнного відновлення агросфери України. Поєднання цифрових рішень, біологічних інновацій та екологічно безпечних практик забезпечує можливість повернути ґрунтам їхню природну екологічну функцію, зменшити викиди CO₂, підвищити стійкість агросистем і прискорити інтеграцію України до європейського простору сталого землекористування.

Список джерел:

1. European Commission. *A Soil Deal for Europe*. Brussels: EC, 2021.
2. UNEP. *Environmental Consequences of War in Ukraine: Preliminary Assessment*. Nairobi: UNEP, 2023.
3. Copernicus Programme. *Land Monitoring Service*. European Environment Agency, 2023.
4. Національна академія аграрних наук України. *Наукові основи відтворення родючості ґрунтів України*. Київ: НААН, 2024.
5. FAO. *Soil Pollution: A Hidden Reality*. Rome: FAO, 2022.
6. International Soil Carbon Network. *Soil Carbon Losses in Eastern Europe*. ISC Report, 2023.
7. Міністерство аграрної політики та продовольства України. *Стратегія управління ґрунтовими ресурсами України до 2050 року*. Київ, 2023.

МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ НА ОСНОВІ БІОЛОГІЧНИХ КРИТЕРІЇВ

Солодка Т.М.,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Опанасюк Д.В.,

студент 3 року спеціальності Агрономія

Національний університет водного господарства та природокористування,

м. Рівне, Україна

Солодка О.В.,

молодший науковий співробітник

Нью-Йоркська академія наук, Нью-Йорк, США

Раціональне використання ґрунтових ресурсів є одним із ключових чинників сталого розвитку аграрного виробництва. Зміни клімату, деградаційні процеси та інтенсивне землекористування потребують створення науково обґрунтованої системи вимірювання, управління та моніторингу стану ґрунтів. Розробка сучасних методів спостереження дозволяє підвищити ефективність агротехнологій, своєчасно виявляти ознаки деградації й формувати систему адаптивного управління ґрунтовими ресурсами [1, 2].

Метою дослідження є вдосконалення наукових засад вимірювання фізико-хімічних і біологічних показників ґрунтів, розробка методів управління їх станом і створення інтегрованої системи моніторингу на основі сучасних цифрових технологій. Основними завданнями є:

- визначення ключових показників якості ґрунтів (вміст гумусу, структура, кислотність, щільність, вологість, біологічна активність);
- розроблення комплексної системи збору даних із використанням сенсорів, лабораторних вимірювань і дистанційного зондування Землі (ДЗЗ);
- створення геоінформаційної моделі моніторингу родючості;
- розробка методів управління ґрунтовими ресурсами з урахуванням екологічних та біологічних факторів.

Дослідження ґрунтів проводилося за допомогою стандартних агрохімічних методик (ДСТУ ISO 10381, ДСТУ 4287), а також методів дистанційного зондування (супутникові дані Sentinel-2, Landsat-8). Біологічні показники визначалися за чисельністю мікроорганізмів основних трофічних груп, активністю ферментів (каталази, уреаз, дегідрогенази), біомасою мезофауни (дощові черв'яки, нематоди, кліщі). Просторовий аналіз і моделювання виконувалися із застосуванням QGIS, ArcGIS та методів машинного навчання.

У результаті проведених досліджень розроблено алгоритм інтеграції результатів польових вимірювань із дистанційними даними для побудови високоточної карти просторового розподілу показників родючості ґрунтів. Алгоритм базується на поєднанні даних сенсорних систем, агрохімічних аналізів, біологічних індикаторів і супутникових знімків високої роздільної здатності. Це забезпечує точність оцінювання та можливість динамічного моніторингу стану ґрунтів.

Використання сенсорних систем (волого- та термометричних датчиків) дозволило здійснювати неперервний контроль вологості та температури ґрунту в режимі реального часу. Дані з польових сенсорів передавалися на сервер для аналізу та візуалізації, що дало змогу прогнозувати стресові умови для рослин і своєчасно коригувати агротехнічні заходи.

Особливу увагу приділено біологічним показникам ґрунту — мікробіологічній активності, ферментативним процесам і розвитку ґрунтової мезофауни. Встановлено, що зростання біологічної активності безпосередньо корелює зі збільшенням вмісту органічної речовини ($r = 0,81$) і показниками NDVI ($r = 0,82$). Високі значення активності каталази та дегідрогенази свідчать про високий рівень саморегуляції ґрунтової системи та її здатність до відновлення після агрогенного навантаження.

Використання супутникових індексів (NDVI, NDSI, SAVI, EVI) у поєднанні з агрохімічними та біологічними показниками забезпечує достовірність оцінки стану ґрунтів на рівні 90–93%. За допомогою індексного аналізу і GIS-технологій визначено ділянки з ознаками дегуміфікації, ерозійних процесів та локального зниження мікробіологічної активності.

На основі результатів досліджень створено модель управління ґрунтовими ресурсами, яка враховує агротехнологічні, кліматичні, хімічні та біологічні чинники. Її реалізація передбачає оптимізацію систем удобрення, сівозміни та зрошення з урахуванням показників ферментативної активності та біологічної родючості ґрунту. Впровадження цієї моделі забезпечує зменшення використання мінеральних добрив, підвищення продуктивності культур і поліпшення екологічного стану агроландшафтів.

Розроблена система моніторингу ґрунтів на основі GIS інтегрує польові, лабораторні та біологічні дані з дистанційним зондуванням Землі. Це дозволяє зберігати історичні дані, здійснювати аналіз тенденцій, візуалізувати просторові зміни й формувати рекомендації для агровиробників. Інтерактивні карти відображають ключові параметри — рівень родючості, кислотність, зволоження, активність ферментів, що забезпечує оперативність прийняття управлінських рішень.

Отримані результати підтверджують, що інтеграція фізико-хімічних, біологічних та цифрових методів оцінювання ґрунтів відкриває нові можливості для створення адаптивних систем управління ґрунтовими ресурсами. Такий підхід відповідає сучасним принципам точного, екологічно безпечного та сталого землеробства.

Список джерел:

1. Герасименко І.П. Наукові основи сучасного екологічного моніторингу. *Вісник аграрної науки*. 2019. №3. С. 13-25.
2. Гічка М.М. Дистанційне зондування в системі моніторингу ґрунтів України. *Вісник аграрної науки*. 2020. №12. С. 72–75.

Технологічні інновації для раціонального використання, відновлення та збереження родючості ґрунтів, управління ґрунтовими ресурсами

Technological innovations for the rational use, restoration, and preservation of soil fertility, and soil resource management

FARM CARBON FOOTPRINT ESTIMATOR – A CLI TOOL TO ENSURE SUSTAINABILITY THROUGH ROBUST GHG EMISSIONS ASSESSMENT

Lykhovyd P.V.,

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher,

Hranovska L.M.,

Doctor of Economic Sciences, Professor, Corresponding Member of NAAS,

Head of the Department of Irrigated Agriculture

and Decarbonization of Agroecosystems,

Institute of Climate-Smart Agriculture of the NAAS, Odesa, Ukraine

Given that agriculture is a major contributor to greenhouse gas (GHG) emissions, there is an urgent need for accessible tools that empower farmers to accurately estimate and reduce the real carbon footprint of their farm activities [1].

Our goal was to develop and present the functionality of a novel, lightweight, cross-platform, and offline application designed to provide farm-level carbon footprint calculations grounded in current scientific recommendations and emission factor databases [2]. The tool provides a comprehensive carbon footprint estimation, encompassing both main sources of GHG from crop production and livestock sectors. Key features enabling rational soil management and GHG mitigation include:

1) Multi-input data entry: Farmers can input data for multiple crops (area, inputs) and different livestock and poultry or use batch processing via pre-built .csv files with farming data.

2) Detailed tracking: The calculator incorporates all major farm-level emission sources, including fertilizers (mineral and organic), manure management, irrigation, fuel use (machinery operations), and pesticides, as well as emissions related to different livestock management (cattle, pigs, chickens, etc.).

3) Scientific rigor: The application automatically applies scientifically verified emission factors sourced from scientific literature and FAO recommendations, ensuring the estimates are robust and reliable.

4) Actionable feedback: Results are presented in a clear, easy-to-read summary table with totals per crop and for the entire farm. Crucially, the tool generates scientifically sound recommendations aimed at modifying farm management practices to effectively mitigate excessive carbon footprints and enhance soil carbon sequestration potential.

5) Accessibility: The application supports multiple user modes, such as interactive Command Line Interface (CLI), simple Graphical User Interface (GUI), and batch CSV input, ensuring ease of use regardless of the farmer's technical proficiency. Reports and recommendations are easily saved in .txt format for documentation and planning.

The application was built from the ground up in pure C (C99 standard), relying only on standard libraries. This unique technical approach successfully delivered a fully functional, cross-platform carbon footprint calculator that operates entirely offline with zero external dependencies. This design ensures maximum portability, reliability in remote agricultural settings, and longevity, free from common software compatibility issues. Despite the constraints of building a simple UI without external libraries, a user-friendly and accessible interface was successfully implemented.

Farm Carbon Footprint Report							
Crop	Area(ha)	Fert(tCO ₂ e)	Fuel	Irrig	Pestic	Live.	Total
Wheat	50.0	43.80	2.68	112.50	0.00	0.00	158.98
Maize	50.0	54.50	5.36	125.00	0.00	0.00	184.86
FARM TOTAL	100.0	98.30	8.04	237.50	0.00	0.00	343.84
Per Hectare		0.98	0.08	2.38	0.00	0.00	3.44

Units: all emissions in tCO₂e (tons of CO₂ equivalent).

* RECOMMENDATIONS:

- HIGH IRRIGATION EMISSIONS detected!
 - > Install drip irrigation or micro-sprinkler systems
 - > Use soil moisture sensors and weather-based scheduling
 - > Consider renewable energy (solar) for irrigation pumping
 - > Implement water-efficient crop varieties and mulching
 - > Improve irrigation system maintenance to reduce losses
- MODERATE emissions (2-5 tCO₂e/ha) - GOOD PROGRESS POTENTIAL:
 - > Focus on the highest emission categories identified above
 - > Gradual improvements can make a significant difference
 - > Monitor progress with regular carbon footprint assessments
 - > Consider joining sustainable agriculture programs
 - > Implement one major improvement per growing season

REFERENCES:

Fig. Farm Carbon Footprint Estimator UI

Future development is focused on maximizing the tool’s global impact and utility in promoting sustainable soil practices through the following improvements:

- 1) Expanding database coverage: Incorporating a wider range of crops, livestock types, and region-specific emission factors to enhance precision.
- 2) Improving usability: Enhancing the UI with better visualization (charts, emission breakdowns) for quicker comprehension of high-impact farm areas.
- 3) Migration to web and mobile: Development of a web version for online use through different modern web-browsers and an application for Android smartphones to enhance portability and accessibility.
- 4) Global localization: Adding translation and unit conversion support to facilitate adoption across diverse international agricultural communities.
- 5) Field validation: Collaborating with agricultural research institutions to calibrate and validate emission factors using real-world farm data, thus ensuring the highest possible accuracy for promoting rational soil resource use and preservation of soil fertility.

This tool represents a practical, accessible, and scientifically grounded technological innovation that directly supports the goals of rational use, restoration, and preservation of soil fertility by empowering farmers to become active agents in climate change mitigation through informed management decisions. Even more, this application goes beyond targeted approaches and provides a comprehensive all-in-one tool for efficient farm management based on the principles of sustainable development and carbon sequestration to mitigate adverse environmental effects of agricultural practices.

References:

1. Chataut G., Bhatta B., Joshi D., Subedi K., Kafle K. Greenhouse gases emission from agricultural soil: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. Vol. 11. P. 100533.
2. Pablo E., Said A. D. Review of global agricultural emission databases. Intl Food Policy Res Inst., 2024. 50 pp.

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ІНДИКАЦІЇ ЯКІСНОГО СТАНУ ҐРУНТУ ЗА ВМІСТОМ ЛАБІЛЬНОГО ҐУМУСУ

Бурикiна С.І.,

кандидат сiльськогосподарських наук,
старший дослідник, завідувачка відділу агрохімії,
ґрунтознавства та органічного виробництва
Одеської державної сiльськогосподарської дослідної станції
Інституту кліматично орієнтованого сiльського господарства НААН

Сергєєв Л.А.,

кандидат сiльськогосподарських наук,
старший дослідник, в. о. директора
Одеської державної сiльськогосподарської дослідної станції
Інституту кліматично орієнтованого сiльського господарства НААН

Буяновський А.О.,

кандидат географічних наук, доцент,
завідувач кафедри географії України,
ґрунтознавства і земельного кадастру Одеського
національного університету імені І.І. Мечникова

Якість ґрунту це його здатність виконувати численні функції, які можна оцінити вимірюванням хімічних, фізичних та біологічних параметрів. Багатьма дослідниками вважається, що лабільний органічний вуглець відіграє першочергову роль у багатьох функціях ґрунту, пов'язаних з продуктивністю та екологічною стійкістю [2-4].

Наше дослідження мало на меті оцінити придатність лабільного вуглецю, а саме: розчиненого у воді органічного вуглецю (ВОР) та доступної органічної речовини (ДОР), що екстрагується 0,1н NaOH, як показників якості ґрунту в агроценозах. Для цього ми перевірили їх чутливість до двох факторів: надходження органічної речовини в процесі розкладання біомаси сидеральних культур і за використання мінерального добрива в нормах $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{64}P_{64}K_{64}$, що вносили під пшеницю озиму, яка розташовувалася в ланках сівозміни: сидеральний пар – пшениця озима та сидеральний пар – пшениця озима – пшениця озима. В якості контролю були ланки сівозміни з чорним паром та контроль без внесення добрив. Сидеральні культури: фацелія піжмолиста, ріпак озимий та їх суміш (1:1). Фітомаса зароблялася в ґрунт у фазі цвітіння дискуванням в шар ґрунту 0-18 см. Зразки ґрунту відбирали в динаміці до посіву пшениці озимої і в процесі її розвитку за фазами вегетації. В зразках ґрунту визначали загальний вміст органічної речовини (ДСТУ4289:2004), водорозчинну (ДСТУ 4731:2007) та доступну (ДСТУ 4732:2007).

Ми також оцінили кореляцію різних фракцій лабільного вуглецю з хімічними показниками якості ґрунту і показали можливість їх прогнозування за параметрами лабільної органічної речовини.

Територіально досліди розташовані на дослідному полі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (с. Хлібодарське, Одеський район, Одеська область), аналіз ґрунту виконано в Проблемній науково-дослідній лабораторії № 4 географії ґрунтів та охорони ґрунтового покриву чорноземної зони Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.

Вміст водорозчинного та доступного гумусу за варіантами добрив та ланками сівозмін в представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Вміст загального, водорозчинного та доступного гумусу
за варіантами добрив**

Варіант удобрення	Гумус,%	ВОР,мг/кг	ДОР,мг/кг	Гумус,%	ВОР,мг/кг	ДОР,мг/кг
	Сидеральний пар-озима пшениця			Сидеральний пар-озима пшениця-озима пшениця		
контроль	3,56	260,7	347,7	3,61	260,5	477,7
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	3,39	174,0	370,0	3,61	210,0	463,0
N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	3,81	222,3	765,3*	3,70	275,3	654,0*
НСР ₀₅	0,75	96,6	283,0	0,28	76,3	128,4

В перший рік вирощування пшениці озимої по сидеральним парам спостерігали суттєве підвищення вмісту доступної органічної речовини при внесенні під культуру N₆₄P₆₄K₆₄. Підвищення вмісту лабільної (доступної) органічної речовини на фоні одноразового внесення підвищеною норми мінерального азоту відмічали й інші дослідники [1, 5]. Це може свідчити про іммобілізацію надлишку внесеного мінерального азоту в стабільний органічний азот ґрунту під час розкладання сидеральної маси, що слід враховувати при визначенні екологічного ризику внесення азотних добрив.

При мінімальній нормі мінеральних добрив зростання концентрації ДОР не перевищувало НСР₀₅, але на 6,4% було більше за варіант без добрив, на відміну від ВОР, вміст якої був меншим за контрольний варіант на 33,2% (N₁₆P₁₆K₁₆) та на 14,7% (N₆₄P₆₄K₆₄). Аналогічні тенденції спостерігали і при розміщенні по сидеральним парам другої пшениці.

Вміст загальної органічної речовини несуттєво змінювався як за варіантами удобрення, так і за попередниками пшениці озимої (табл. 2).

Таблиця 2

**Концентрації загальної, водорозчинної та органічної речовини за
попередниками пшениці озимої**

попередник	Гумус,%		ВОР,мг/кг		ДОР,мг/кг		
	M±m	V,%	M±m	V,%	M±m	V,%	
Пар чорний	3,70±0,11	3,1	318,3±73,2	18,2	656,7±51,7	13,6	
Сидеральний	Фацелія	3,67±0,06	1,5	289,3±16,7	10,0	588,0±77,7	22,9
	Ріпак	3,64±0,10	2,9	203,0±29,0	24,7	402,0±84,9	21,1
	Фац+ріпак	3,56±0,08	2,1	183,7±42,0	39,7	480,0±128,6	46,4
НСР ₀₅	0,30		182,0		478,8		

Концентрація лабільної органічної речовини, як водорозчинної, так і доступної, за попередниками сидеральні пари була менша у порівнянні з чорним паром на величину від 9,2% до 42,3% (ВОР) та від 10,5% до 38,8% (ДОР) залежно від культури сидерального пару, що може свідчити про меншу інтенсивність мінералізації загальної ОР.

Як встановлено, часткова мінералізація лабільних речовин в результаті окислювальних та ферментних реакцій сприяє вивільненню доступних поживних речовин для живлення рослин. Для виявленні тенденцій взаємозалежностей між основними поживними речовинами та фракціями лабільної органічної речовини, провели кореляційно-регресійний аналіз даних. Кореляційні матриці для ланок сівозмін надано в таблиці 3.

Таблиця 3

Парні коефіцієнти кореляції в ланці сидеральний пар-озима пшениця

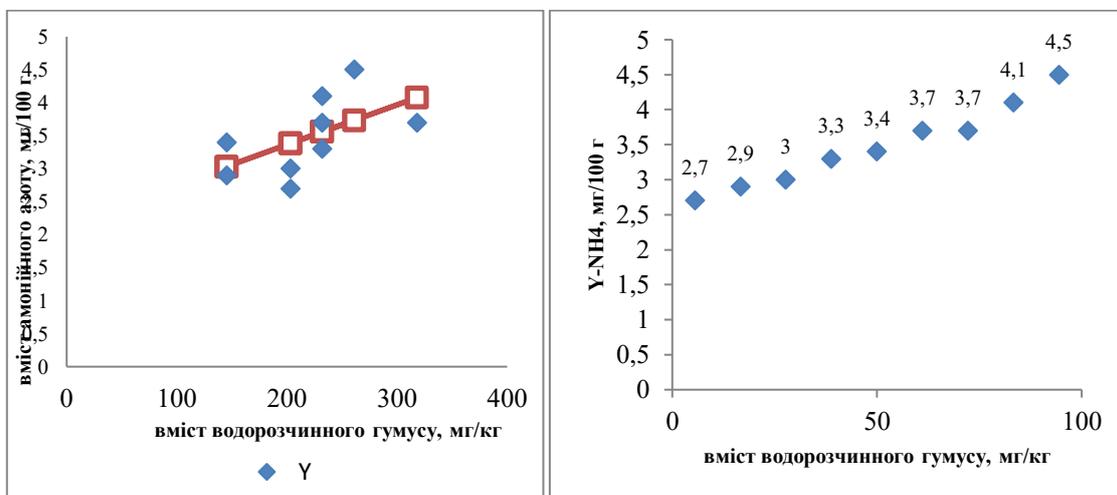
Показник	гумус		NO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
	водорозчинний	доступний				
Ланка сівозміни сидеральний пар- пшениця озима						
ВОР	1,0	-	-	-	-	-
ДОР	0,01	1,0	-	-	-	-
NO ₃	0,12	0,28	1,0	-	-	-
NH ₄	0,56	-0,20	0,68	1,0	-	-
P ₂ O ₅	-0,31	0,77	0,23	-0,32	1,0	-
K ₂ O	0,10	0,54	0,31	-0,17	0,55	1,0
S	0,22	0,71	0,37	-0,11	0,58	0,87
Ланка сівозміни сидеральний пар- пшениця озима- пшениця озима						
ВОР	1,0	-	-	-	-	-
ДОР	0,61	1,0	-	-	-	-
NO ₃	0,10	0,10	1,0	-	-	-
NH ₄	0,18	0,16	0,50	1,0	-	-
P ₂ O ₅	0,44	0,50	0,32	0,46	1,0	-
K ₂ O	0,21	0,24	0,53	0,68	0,57	1,0
S	0	0,24	0,55	0,72	0,50	0,45
Ланка сівозміни чорний пар пар- пшениця озима- пшениця озима						
ВОР	1,0	-	-	-	-	-
ДОР	-0,98	1,0	-	-	-	-
NO ₃	-0,43	0,59	1,0	-	-	-
NH ₄	0,87	-0,94	-0,82	1,0	-	-
P ₂ O ₅	-0,78	0,88	0,90	-0,99	1,0	-
K ₂ O	-0,84	0,93	0,85	-0,99	0,99	1,0

В ланці сидеральний пар – озима пшениця найбільш суттєві зв'язки виявилися в парах водорозчинний гумус–амонійний азот ($r=0,56$), і доступний гумус – P₂O₅ та сірка ($r=0,77$; $0,71$). В ланці сидеральний пар-озима пшениця-озима пшениця – між фракціями рухомого гумусу та P₂O₅ ($r=0,44$ та $0,50$).

В ланці чорний пар – озима пшениця – озима пшениця кореляційно-регресійні залежності мали більш тісний зв'язок між параметрами вмісту основних поживних речовин та ВОР і ДОР: за модулем парні коефіцієнти

кореляції коливалися в інтервалі від 0,43 до 0,99, але якщо при формуванні поживного режиму другої після сидеральних парів пшениці між вмістом фракцій доступного гумусу та NPK існував прямий зв'язок, то після чорного пару між ВОР та NPK (окрім NH_4) – обернений, між ДОР та NPK (окрім NH_4) – позитивний.

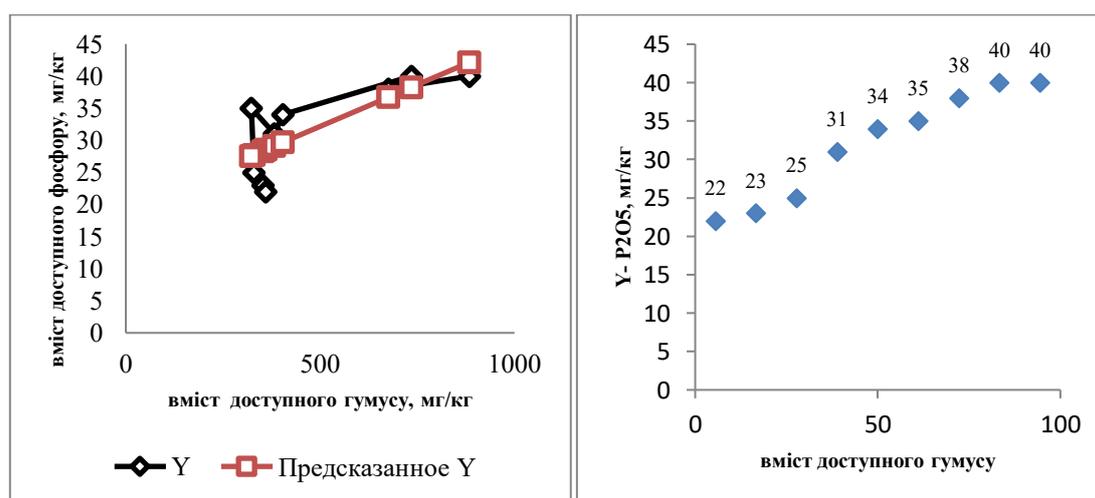
Для виявлених пар змінних було проведено регресійний аналіз, результати якого представлено графічно для ланки сидеральний пар – озима пшениця (рис. 1,2), а для ланки сидеральний пар – озима пшениця – озима пшениця – рис.3.



а) вірогідність

б) прогнозовані дані

Рис. 1. Графік вірогідності та нормального розподілу вмісту амонійного азоту від концентрації ВОР



а) вірогідність

б) прогнозовані дані

Рис. 2. Графік вірогідності та нормального розподілу вмісту доступного фосфору від концентрації ДОР

В перший рік вирощування пшениці озимої по сидеральним парам вміст амонійного азоту в шарі ґрунту 0-30 см на 31,4% визначвся кількістю ВОР, відхилення прогнозованих даних від фактичних досить великі і коливалися в інтервалі від -29,3% до +12,1%; концентрація доступного фосфору

детермінована кількістю ДОР на 59,5% і відхилення прогнозованих даних від фактичних коливалися в більш вузькому інтервалі : від +12,2% до +10,7%.

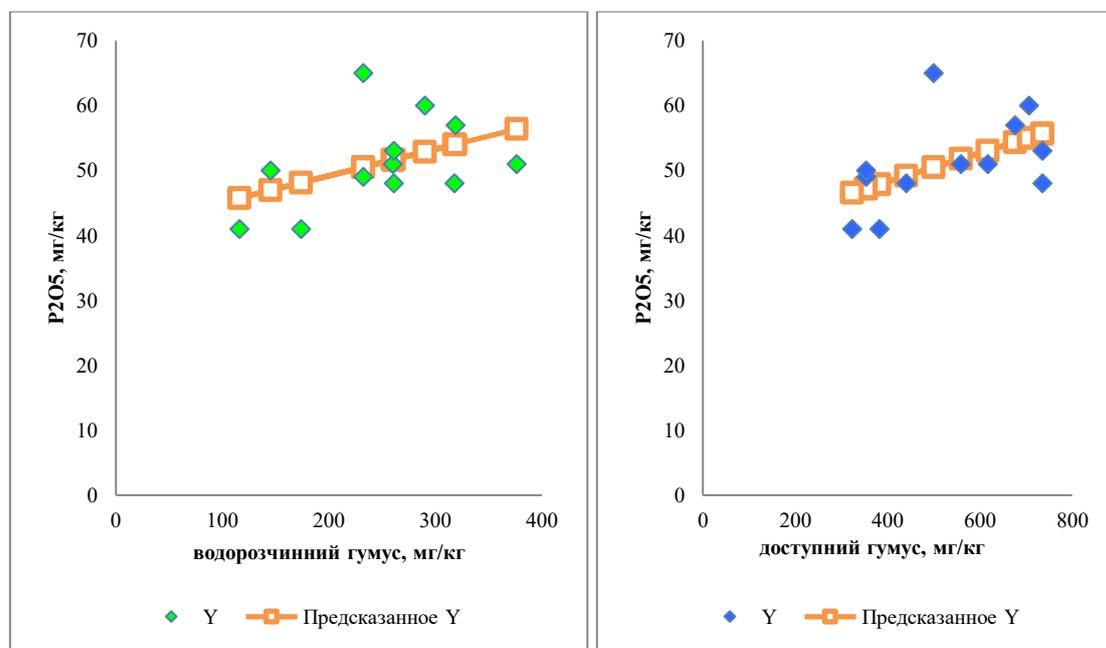


Рис. 3. Прогноз вмісту доступного фосфору від концентрації ВОР та ДОР (ланка: сидеральний пар-озима пшениця-озима пшениця)

Для другої пшениці після сидеральних парів концентрація доступного фосфору в ґрунтовому розчині орного шару лише на 19,3% та 25,2% визначалася концентраціями відповідно ВОР та ДОР.

Коефіцієнти регресії в ланці чорний пар-пшениця озима-пшениця озима також високі: водорозчинний гумус детермінував вміст амонійного азоту, доступних фосфору та калію на 75,4%, 60,6% та 70,6%, відповідно, а ДОР визначав вміст цих елементів на 89,1%, 77,4% та 85,6%, відповідно, вміст нітратного азоту – на 34,6%. Вищі кореляційно-регресійні коефіцієнти в цій ланці можуть опосередковано свідчити про більш інтенсивне проходження окислювальних та ферментних процесів під чорним паром у порівнянні із сидеральними.

Таким чином, фракції лабільного гумусу (водорозчинна та доступна – розчинна в 0,1n NaOH) були чутливі, як до якості попередника, так і до норм внесення мінеральних добрив, крім того їх концентрація мала досить тісні кореляційні зв'язки з хімічними показниками чорнозему південного і тому можуть бути використані в схемах оцінки його якості на додаток до інших індикаторів.

Список джерел:

1. Akhtar K., Djalovic I., Zaheer S., Khan A., Riaz M., Vara Prasad P. V., Wen R.-H. Integrative effects of organic and inorganic fertilization on soil functions, nitrogen use efficiency, and wheat productivity depend on tillage intensities. *Crop Science*. 2025. (February). 65(1). <https://doi.org/10.1002/csc2.70008>

2. Balontayová E., Hreško J., Petlušová V., Petluš P., Dębska B., Lošák T. Parameters of labile organic carbon as the indicators of the stability of soil organic matter under different land use. *Soil & Water Research*. 2025. 20: 52–68. <https://doi.org/10.17221/119/2024-SWR>

3. Dener Márcio da Silva Oliveira, Keith Paustian, Maria Francesca Cotrufo, Amanda Rocha Fiallos, Andressa Gonçalves Cerqueira, Carlos Eduardo Pellegrino Cerri. Assessing labile organic carbon in soils undergoing land use change in Brazil: A comparison of approaches. *Ecological indicators*. 2017. Volume 72. P. 411-419. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.041>

4. Muraškiene M., Armolaitis K., Varnagiryte-Kabašinskienė I., Baliuckas V., Aleinikoviene J. Evaluation of Soil Organic Carbon Stability in Different Land Uses in Lithuania. *Sustainability* 2023, 15, 16042. <https://doi.org/10.3390/su152216042>

5. Vanotti M. B., Leclerc S. A., Bundy L. G. Short-Term Effects of Nitrogen Fertilization on Soil Organic Nitrogen Availability. First published: 01 September 1995. *Soil Science Society of America Journal*. <https://doi.org/10.2136/sssaj1995.03615995005900050022x>

**НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РАЦІОНАЛЬНОГО
ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТІВ СУХОСТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ
ЗАЛЕЖНО ВІД МЕЛІОРАТИВНИХ УМОВ**

Біднина І.О.,
кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
учений секретар,
Інституту водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, Україна,
Грановська Л.М.,
доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН
завідувач відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем,
Козирєв В.В.,
кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу
зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем,
Томницький А.В.,
кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник,
заступник директора з науково-виробничої роботи,
Угрін О.М.,
здобувач,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
м. Одеса, Україна,

Сухостепова зона України характеризується різко вираженим дефіцитом природної вологи, високими температурами вегетаційного періоду та інтенсивною випаровуваністю, що формує несприятливий баланс продуктивної вологи у ґрунті. У таких умовах саме зрошення виступає головним фактором забезпечення стабільної урожайності, однак його ефективність і екологічна безпека значною мірою залежать від типу ґрунтів, якості поливної води, способів поливу та глибинних гідрогеологічних процесів. Міжнародні дослідження останніх років [1, 5, 8] доводять, що невірно організоване зрошення в умовах аридних зон призводить до розвитку вторинного засолення, осолонцювання, дегуміфікації та деградації структури ґрунту. Подібні тенденції підтверджено й для території Півдня України [9].

Ґрунтовий покрив Сухостепової зони України вирізняється складною структурою, а його типологічні властивості визначають ступінь чутливості до меліоративного навантаження. Черноземи південні характеризуються високим запасом гумусу (3,0–3,5 %), потужним профілем і великою ємністю катіонного обміну, що забезпечує їхню природну стійкість до помірного зрошення. Це узгоджується з висновками Lal (2020) та FAO (2021), де наголошено, що карбонатні черноземи демонструють найвищу екологічну стабільність серед ґрунтів аридних ландшафтів [3, 4]. Темно-каштанові ґрунти є більш вразливими через підвищений вміст обмінного натрію та нижчу структурну міцність. Лучно-каштанові ґрунти та солонці відзначаються природною солонцюватістю,

щільним ілювіальним горизонтом і низькою проникністю, що підтверджують результати українських та міжнародних експериментів [4, 11].

З метою розробка науково-методичних засад сталого управління родючістю ґрунтів Сухостепової зони України упродовж 2021-2025 рр. було проведено низку досліджень, а також систематизовано отримані у попередні роки дані. Місце проведення польових досліджень: у 2021 р. – Херсонська область, Скадовський район, на території Інституту рису НААН та ДП «ДГ Інституту рису НААН» (Лівобережжя Херсонщини), у 2022-2025 роках – на полях СВК «Маяк» Ізмаїльського району Одеської області, м. Кілія (у зв'язку з тим, що територія, де у попередні роки проводились дослідження тимчасово окупована).

Моніторинг виявив істотні відмінності реакції ґрунтів на різні способи зрошення. Дощування забезпечувало найбільш рівномірний розподіл вологи у профілі та підтримувало стабільне рН (6,6–6,7) у шарі 0–40 см, що узгоджується з результатами досліджень Li et al. про позитивний вплив спринклерного зрошення на агрофізичні властивості ґрунтів [5]. Натомість краплинне зрошення сприяло локальному накопиченню солей (0,087–0,26 %), особливо у шарі 20–40 см, з підвищенням рівня обмінного натрію, що підтверджує відомі закономірності піднімання сольових клинів у мікрозволожених зонах [1, 8].

У рисових зрошувальних системах виявлено диференційовані деградаційні тренди: темно-каштанові солонцюваті ґрунти зазнали помірної деградації (втрата гумусу 6–16 %), тоді як солонець лучний характеризувався різким зниженням гумусу (25,36 %), підняттям рівня РПВ до критично небезпечних значень (1,10 м) та значною варіабельністю мінералізації ґрунтових вод. Аналогічні результати описано в роботах Bouksila et al. (2021) та Mosquera et al. (2022), які показують, що періодичне затоплення може як знижувати концентрацію солей у верхніх горизонтах, так і провокувати підняття ґрунтових вод, якщо дренажна система недостатньо ефективна [2, 6].

Якість поливної води залишається ключовим фактором меліоративної безпеки. Хімічний аналіз води р. Дунай, проведений протягом 2021–2025 рр., засвідчив її високу меліоративну придатність (I–II класи ризику за ДСТУ), низький рівень SAR та помірну мінералізацію. Результати кластерного аналізу узгоджуються з міжнародними дослідженнями, які вказують на зростання ризику осолонцювання лише за умов перевищення порогових значень $SAR > 3$ та $EC > 0,7$ dS/m [3, 11].

Сівозміни і меліоранти виявилися одним із найефективніших інструментів стабілізації родючості ґрунтів. У дослідженнях вітчизняних та міжнародних авторів люцерна продемонструвала високий меліоративний ефект: зростання гумусу, зменшення натрію, покращення структури та мікробіологічної активності [12]. У сівозмінах із рисом виявлено оздоровчий ефект у верхніх горизонтах, однак при недостатньому дренажі існує небезпека накопичення солей у шарі 40–60 см, що зазначено також у роботах Mosquera et al. [6].

Застосування математичного моделювання (SALTMOD, Maas–Hoffman) дозволило прогнозувати зміни водно-сольового балансу залежно від типу ґрунту й способу зрошення. Результати моделювання узгоджуються з фактичними

даними багаторічного моніторингу, підтверджуючи, що найвищий ризик деградації спостерігається на солонцях та лучно-каштанових ґрунтах. Ефективність прогнозування підтверджено в роботах іноземних та українських науковців [4, 7, 9].

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що забезпечення сталого функціонування агроландшафтів Сухостепової зони можливе лише за умов впровадження інтегрованої системи меліоративного управління, яка поєднує моніторинг ґрунтових показників, регулярну оцінку якості води, адаптивні сівозміни та диференційовані режими зрошення. Комплекс таких заходів формує науково обґрунтовані шляхи запобігання деградації ґрунтів і сприяє довготривалому збереженню їхньої родючості в умовах зміни клімату.

Список джерел:

1. Assouline S., Or D. Soil salinization under micro-irrigation: From mechanisms to modeling. *Agricultural Water Management*. 2020. 239:106267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106267>
2. Bouksila F., Persson M., Berndtsson R. Soil salinity development under irrigated agriculture: Field studies in arid regions. *Soil & Tillage Research*. 2021. 208, 104912.
3. FAO. Guidelines for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. FAO, Rome, 2021. 190 p.
4. Lal R. Soil organic carbon and climate change. *Soil & Tillage Research*. 2020. 204:104–112.
5. Li X., Wang Z., Liu H. Effects of sprinkler irrigation on soil structure and root zone salinity. *Agricultural Water Management*. 2022. 259. 107233.
6. Mosquera G., Cerdà A. Irrigation impacts on soil properties in semi-arid climates. *Catena*. 2022. 209:105–124.
7. Oosterbaan R.J. SALTMOD: A model for the simulation of salinity, moisture and depth of the watertable. Wageningen, 2018. 120 p.
8. Rhoades J.D. Irrigation-induced salinity: processes and management. Elsevier, 2019.
9. Romashchenko, M., Vozhegov, V., Dudar, T. *Irrigation challenges in Ukraine under climate change*. *Agricultural Water Management*, 2021, 255, 107046.
10. Wang Y., Li B. Irrigation water quality and its impact on soil chemistry. *Environmental Earth Sciences*. 2021. 80(6): 233.
11. Wong V., Smith P. Salt-affected soils: global patterns and processes. *Soil Systems*. 2022. 6(1):17.
12. Zhang Y., Zhao Q. Biological amelioration of sodic soils with alfalfa. *Geoderma*. 2022. 415:115–128.

ЗЕЛЕНІ МІКРОВОДОРОСТІ – АГЕНТИ ҐРУНТОУТВОРЮЮЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИЙ БІОЛОГІЧНИЙ РЕСУРС ДЛЯ ПОТРЕБ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Вожегова Р.А.,

доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

Петренко С.О.,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Поздняков В.Ю.,

аспірант

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

Мікрородорості успішно використовуються для підвищення родючості ґрунтів, для поповнення запасів органічної речовини, що сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. З цією метою застосовують зелені (*Ch. vulgaris*, *Scenedesmus obliquus*, *Scenedesmus acutus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus spinosa*) та синьо-зелені мікрородорості (родина *Nostocaceae*). Це широко використовується при вирощуванні рису, де в чеках живе велика кількість зелених водоростей, серед яких багато азотфіксаторів.

Ефективним виявляється альголізація ґрунту – внесення живих культур мікрородоростей у ґрунт, особливо в умовах зрошуваного землеробства. Її проводять до сівби або при сівбі разом з насінням (наприклад, з бавовником), або водорості вносять після посіву, що особливо ефективно на рисових полях. Застосовуючи водорості для поливу рослин, можна зменшити витрати мінеральних та органічних добрив. Водорості виробляють величезну масу органічної речовини, збагачують воду та повітря киснем, є основою живлення для багатьох водяних і ґрунтових тварин. Також, водорості беруть участь в утворенні осадових порід та ґрунтоутворенні. У складі ґрунту вони виділяють у навколишнє середовище кисень. З їхніх відмерлих решток утворюється органічна речовина ґрунту, що підвищує його родючість. Тому масове розмноження водоростей – «цвітіння» ґрунту, яке спостерігають найчастіше навесні або восени, вважають прикметою доброго врожаю [3, 5, 6].

Біомаса водоростей сприймається як органічне добриво, причому вигідно відрізняється від традиційних видів, оскільки містить ні патогенної мікрофлори, ні залишків бур'янів, ні шкідників [1]. Представники роду *Chlorella vulgaris* здатні за сезон пов'язати до 60 кг/га азоту, а також є цінним джерелом органічної речовини, що покращує родючість ґрунту. При цьому мікрородорості є відновлюваним ресурсом, на відміну від промислового виробництва азотних добрив. Сприятливі умови у розвиток зелених мікрородоростей створюються в затоплюваних ґрунтах рисових полів. Азотонакопичення в ґрунтах рисових полів становить 15-90 кг/га на рік. Також водорості служать індикаторами стану ґрунтів, використовуються як тест-об'єкти при визначенні потреби ґрунту у добривах, служать індикаторами при випробуванні різних пестицидів. За

рахунок своєї чутливості до будь-яких змін довкілля, мікроводорості є невід'ємними учасниками ґрунтового моніторингу. Водорості використовуються як тест-об'єкти при визначенні потреби ґрунту у добривах, служать індикаторами під час випробування різних пестицидів.

Встановлено, що водорості здатні покращувати фізико-хімічний режим ґрунтів. Розвиваючись на поверхні ґрунту у масових кількостях, мікроводорості можуть поглинати велику кількість мінеральних солей, що оберігає їх від вимивання з ґрунту, оскільки після відмирання клітин ці речовини стають доступними для коренів вищих рослин. Таким же чином, здійснюється і біологічне закріплення добрив, що змиваються з полів. Помічено, що на знижених ділянках та на місцях стоку поблизу полів нерідко розвиваються дернини мікроводоростей, що «перехоплюють» стік і фіксують якусь частину мінеральних солей.

Як позитивний фактор хімічного впливу мікроводоростей на ґрунт необхідно згадати аерацію ґрунтів за рахунок кисню, що виділяється при фотосинтезі. Особливо важливо це для заболочених, важких, погано аерованих ґрунтів. Кисень водоростей сприяє покращенню дихання коренів вищих рослин та життєдіяльності аеробних мікроорганізмів [1,2]. Поверхневі плівки мікроводоростей можуть мати велике протиерозійне значення. Слизові речовини клітинних оболонок склеюють ґрунтові частинки. У ряді випадків скріплююче значення мають одноклітинні зелені мікроводорості, що виділяють рясний слиз. Розвиток мікроводоростей впливає на структурованість мілкозему, надаючи йому водостійкості та перешкоджаючи виносу з поверхневого шару. Крім того, плівки мікроводоростей зменшують водопроникність ґрунту та уповільнюють випаровування води, що впливає на сольовий режим ґрунту. Зменшується вимивання легкорозчинних солей, їх вміст вищий, ніж на інших ділянках. У той самий час уповільнюється надходження солей із глибших горизонтів ґрунту. Ця властивість мікроводоростей стала причиною припущення про можливість знищення засолення ґрунту шляхом інтродукції мікроводоростей [3].

Ґрунтові мікроводорості як продуценти істотно впливають на родючість ґрунтів. Більшість вуглецю, що входить до їх складу, утримується ґрунтом у вигляді гумінових кислот і фульвокислот. Швидкість мінералізації органічних сполук мікроводоростей того ж порядку, що і органічних азотовмісних речовин інших ґрунтових мікроорганізмів. Позаклітинний азот їх виділень (40-60% фіксованого азоту) доступний бактеріям, грибам та мохам. Доведено, що мікроводорості здатні забезпечити 4,3-15% потреби вищих рослин у азоті.

Ще однією формою хімічної дії мікроводоростей на ґрунт є зміни її рН. Відомо, що водорості, асимілюючи в процесі життєдіяльності вуглекислий газ, підлужують середовище, що спостерігається в природних водоймах, в умовах культури, а також у ґрунтах. Так як у ґрунті мікроводості розподілені нерівномірно, істотне підлужування ґрунту за їх рахунок відбувається в місцях їх скупчення, де умови особливо сприятливі для їх розвитку.

Азотфіксуючі водорості – це одноклітинні колоніальні мікроорганізми, які за своєю природою є фотоавтотрофами, тобто здатні до фотосинтезу. Серед

водоростей тільки деякі види здатні до азотфіксації, завдяки тому, що вони мають спеціалізовані клітини - гетероцисти і гормононії. Гетероцисти виконують функцію азотфіксації, тоді як у інших клітинах відбувається фотосинтез. Накопичений зв'язаний азот зосереджується в гранулах ціанофіцина, або експортується у вигляді глутамінової кислоти [5, 6]. Одним із важливих факторів підвищення ґрунтової родючості є біологічна фіксація атмосферного азоту. Провідна роль цьому процесі належить зеленим мікроводоростям, які, на відміну гетеротрофних азотфіксаторов, не вимагають засвоєння молекулярного азоту готової органічної речовини, а самі привносять їх у ґрунт. Внесок мікроводоростей в економіку азоту ґрунтів становить 1044,2 тис. т на рік. Агрономічно корисні водорості є такими не тільки завдяки тому, що вони активно фіксують азот повітря, а й завдяки здатності продукувати біологічно активні речовини, зокрема фітогормони та амінокислоти. Вони забезпечують оптимізацію гормонального стану та амінокислотного складу рослин, що позитивно впливає на продукційний процес сільськогосподарських культур [3-5].

Мікроводорості містять велику кількість цитокінінів, бетаїн, альгополіфеноли, вітаміни, гормони, природні антиоксиданти та мінеральні елементи (Mg, Ca, B, Mo та ін.), що сприяють росту та розвитку рослин (стимулюють поділ клітин, диференціацію калусної тканини та ін.) та підвищують показники родючості ґрунту. При застосуванні на ранніх стадіях відзначають стимулюючий ефект, подібний до дії ауксинів – важливого гормону, що сприяє зростанню та збільшенню обсягу кореневої системи, покращує поглинання поживних речовин із ґрунту. При цьому коренева система підвищує ефективність поглинання води та поживних речовин, що покращує зростання вегетативної маси, підвищує стійкість до стресів рослин. Високий вміст у них макро- та мікроелементів уможливує їх використання як добрива. Особливо багато в них міститься калію, азоту, фосфору, йоду, германію, молібдену та бору. Вітаміни та амінокислоти позитивно впливають на ріст та розвиток рослин. Їх можна вносити в ґрунт або використовувати для передпосівної обробки насіння та листового підживлення рослин. Водорості добре засвоюються через листову пластинку та коріння, покращуючи також і властивості ґрунту. Ферменти, вітаміни, полісахариди, амінокислоти, фітогормони та елементи живлення, що входять до складу культури, сприятливо впливають на ростові процеси в рослині. У культурі мікроводоростей містяться специфічні речовини – еліцитори, здатні зв'язуватися зі специфічними рецепторами та запускаячі захисні механізми в рослині. Насичений green-effect у рослин сприяє фотосинтезу. Підвищуючи вміст хлорофілу в листі, біомаса водоростей сприяють проходженню процесу фотосинтезу.

Мікроводорості мають фітопротекторну функцію, збільшуючи стійкість рослин до грибкових захворювань, підвищують біологічну ефективність хімічних засобів захисту рослин. Наявність у яких амінокислот і фітогормонів (ауксини, цитокинини, гібереліни, бетаїни) робить їх ефективними помічниками рослин у подоланні стресових ситуацій різного характеру, особливо в умовах зміни клімату [6].

Для досліджень було використано суспензію мікроводоростей (ТУ У 03.0-37613791-001:2017), яка відповідає вимогам Organic Standard (сертифікат № 21-1088-04) і є придатною для використання в органічному сільському господарстві згідно зі Стандартом Міжнародних Акредитованих Органів Сертифікації з органічного виробництва і переробки, що еквівалентний регламентам Європейського Союзу № 834/2007 та 889/2008.

На дигестаті виробництва Молдови в ФГ «У Самвела» виростили мікроводорості у вигляді суспензії та отримали новий вид біодобрива. Випробовування препарату пройшли в лабораторних та польових умовах на зернових, овочевих зелених культурах (щавель, кріп, петрушка, коріандр, шпинат, редиска) та горіхоплідних культурах (мигдаль, фундук, ліщина).

З метою встановлення ефекту від використання мікроводоростей вирощених на дигестаті нами було проведено дослід який передбачав проведення декількох варіантів обробки піску з метою встановлення найкращого накопичення в ньому органічної речовини з наступним визначенням азоту, фосфору, калію, органічної речовини, рН та сірки. Визначення азоту, фосфору, калію, органічної речовини, рН та сірки у відповідних зразках проведено на базі лабораторії випробувального центру Одеської філії Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України». Дослідницький центр, Україна Протокол досліджень внесення мікроводоростей №395 від 07.09.2022 р. Показник рН контрольного варіанту був 7,1, проти дослідного, де вносили суспензію Хлорели становив рН 7,7 протягом вегетаційного періоду. Дані результатів дослідження, отримані в ході роботи, переконливо довели унікальність властивостей мікроводорості хлорели, як природного біостимулятора росту і розвитку рослин.



Рис. 1. Вплив обробки суспензійною культурою живих клітин мікроводоростей *Chlorella vulgaris* на зміну вмісту азоту, фосфору, калію та сірки в обробленому піску, мг/кг

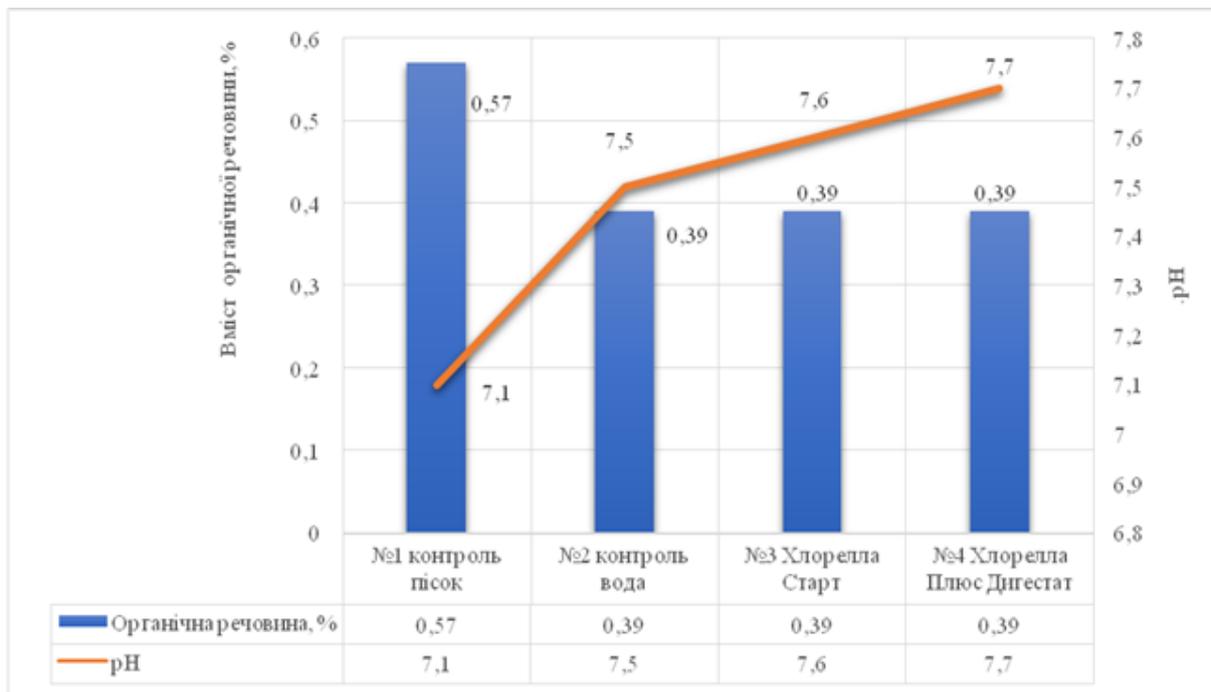


Рис. 2. Вплив обробки суспензійною культурою живих клітин мікродоростей *Chlorella vulgaris* на зміну вмісту рН та органічної речовини, %

Отже, ще однією формою хімічної дії мікродоростей на ґрунт є зміни її рН. Відомо, що водорості, асимілюючи в процесі життєдіяльності вуглекислий газ, підлужують середовище, що спостерігається в природних водоймах, в умовах культури, а також у ґрунтах. Так як у ґрунті мікродорості розподілені нерівномірно, істотне підлужування ґрунту за рахунок відбувається в місцях їх скупчення, де умови особливо сприятливі для їх розвитку.

Список джерел:

1. Шарило Ю.Є., Деренько О.О., Дюдяєва О.А. Використання водоростей виду Chlorophyta як біологічний метод очищення водойм. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020, №1. С. 88-102.
2. Шарило Ю., Деренько О. Хлорела – органічний метод очищення рибогосподарських водойм. Сайт Управління Державного агентства рибного господарства у м. Києві та Київській області. 17.01.2020. URL: https://kv.darg.gov.ua/hlorela_organichnij_metod_0_0_0_1099_1.html (дата звернення 12.01.2024).
3. Онищенко О.М., Дворецький А.І. Мікродорості як відновлювальний біологічний ресурс для потреб сільського господарства. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. Біологічні науки. 2013. № 2 (32). С. 48–50.
4. Боднар О.І. Біотехнологічні перспективи використання мікродоростей: основні напрями (огляд). *Наукові записки Тернопільського національного пед. університету*. Серія: Біологія. 2017. № 1 (68). С. 138–146.
5. Кірсанова В.В. Доцільність обробітку та використання мікродоростей (*Chlorella*) як органічних добрив. *Екологічні наук: науково-практичний журнал*. 2020. № 1(28). С. 321-327.
6. Білявцева В.В. Застосування простої одноклітинної водорості у сільському господарстві. *The scientific heritage*. 2020. № 47. С. 3-9.

ЗЕЛЕНИЙ ПЕРЕХІД ЯК ОСНОВА СТРАТЕГІЇ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ АГРОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ

Галушкіна Т.П.,

доктор економічних наук, професор,
Заслужений економіст України

Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН,
м. Київ, Україна

У прийнятому Єврокомісією 18 травня 2023 р. Комюніке до Європейського Парламенту, Європейської Ради, Європейського Економічного та соціального комітету та Комітету регіонів зазначається, що повоєнна реконструкція України має відповідати європейському зеленому та цифровому порядку денному, а механізм підтримки має гарантувати, що інвестиції будуть приведені у відповідність до кліматичних та екологічних політик і стандартів ЄС. Це передбачає, що економіка повинна базуватися на моделі ефективного та більш чистого виробництва, збалансованого споживання та принципах інноваційності, сталості, колективної відповідальності. Така модель розвитку сприятиме досягненню економічної спроможності країни, покращанню рівня національної безпеки та якості суспільних потреб. Тому особливу значимість для України в поточних реаліях непередбачуваної урядової оптимізації та злиття трьох міністерств–антагоністів – Мінагрополітики, Міндовкілля та Мінекономіки в одне - повинна становити посилена державна увага до проблеми розбудови політики захисту довкілля України та відновлення від наслідків техногенно-мілітарного впливу війни її агоресурсного потенціалу задля зміцнення національної екологічної та продовольчої безпеки як запоруки соціально-економічної спроможності держави та дотримання належних її соціальних параметрів. На жаль, як свідчить проєкт ЗУ «Про державний бюджет на 2026р.»- така тенденція поки що не спостерігається, оскільки фінансування на відновлення екологічної та аграрної сфери –передбачається, як і раніше, мінімальним і по залишковому принципу...Між тим, екологічна та природоресурсна складова національної безпеки є домінуючою в напрямі забезпечення кліматичної нейтральності та в форматі відбудови України та її агросфери на платформі активізації впровадження інноваційних системних послуг та інструментів зеленої економіки, таких як «зелене» фінансування, обмін зовнішніх боргів на природоохоронні активи, схеми торгівлі викидами, поступове скасування вуглецевих субсидій тощо. Тому наукова та практична значимість досліджень, проведених в 2024-2025рр. на ініціативних засадах на платформі НАН та НААН, визначається надзвичайною актуальністю та інноваційністю запропонованих наукових підходів та системністю щодо покрокового сценарію вирішення багатоаспектних завдань в розрізі проблеми трансформації моделі екологоресурсної доктрини державного управління та «зеленого» повоєнного відновлення економіки України та її агрокапіталу, а також прогнозованими науково-практичними результатами для української науки та сільськогосподарської галузі [1]. Це дає змогу констатувати, що, враховуючи результати попередніх інноваційних досліджень в цьому форматі

[2]., подальше завдання полягає в узагальненні наявного наукового доробку та формуванні комплексного науково-обґрунтованого бачення шляхів усунення наслідків техногенно-мілітарного впливу збройної агресії РФ у контексті відновлення/відтворення агроресурсного потенціалу(з наголосом на родючі землі) як ключового чинника продовольчої безпеки України на засадах європейської ідеології «зеленого» переходу та низьковуглецевого розвитку в реаліях сучасного часу. Саме на цих засадах на поточний період потребує нагального опрацювання та розробки Національний План повоєнного відновлення та екологічної реабілітації агроресурсного потенціалу України внаслідок мілітарно-техногенного впливу збройної агресії рф.

Отже, можна констатувати, що в умовах військової агресії з боку РФ екоцид, яскравим проявом якого є знищення природоресурсних благ, стає новим об'єктом національної екологічної та продовольчої безпеки України. Це, в свою чергу, передбачає нагальну необхідність подальших змін у вітчизняному законодавстві та ключових постулатах державної політики з метою чіткого визначення наявних і потенційних екологічних ризиків і загроз, напрямів їх усунення, механізмів повноважень і координації відповідно до екологічних вимог міжнародного права. Актуальним завданням є розроблення та затвердження довгострокових державних пріоритетів, стратегічних завдань та індикаторів повоєнного відновлення України та її ключового сегменту-агросфери- на засадах «зеленого» зростання за аналогією з європейськими країнами. В зв'язку з цим доцільно внести доповнення до чинної законодавчої бази, зокрема:

- розширити трактування «екоциду» в Кримінальному кодексі України з виокремленням поняття «збройний екоцид» як прояву воєнного злочину з боку РФ, що не має термінів давності,
- доповнити КК України уведення нових статей щодо визначення «екологічного тероризму» та «екологічної репарації»;
- започаткувати практику підготовки щорічних звітів України щодо *плану дій* з моніторингу наслідків екоциду з метою розроблення практичних заходів по їх мінімізації та нівелюванню.

У підсумку можна констатувати, що «зелений» перехід України на засадах європейських вимог передбачає не лише якісно новий формат використання природоресурсного потенціалу та впровадження моделі секторальної «зеленої» модернізації, а й доступ до інфраструктурного фінансування з боку європейських партнерів для реалізації програм та інноваційних заходів в сфері екологічної/продовольчої безпеки в межах посилення міжнародної взаємодії та підготовки України до членства в ЄС.

Список джерел:

1. Бондар О.І., Галушкіна Т.П., Вергунов В.А., Верховцев В.Г., Дудар Т.В. Купінець Л.Є. та ін. Візія національної екологічної доктрини та повоєнного відновлення природного капіталу України за європейським зеленим сценарієм / за наук. ред. О.І. Бондаря, Т.П. Галушкіної; Держ. екол. акад. післядиплом. освіти та упр. Львів: Вид-во ННВК «АТБ», 2024. 286 с..
2. Галушкіна Т.П. Зелений порядок денний для України в просторовому вимірі: сценарії та інструменти. Львів: «Коло», 2023. 290 с.

РОЛЬ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР ТА МІКРООРГАНІЗМІВ У ВІДНОВЛЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Гож О.А.,

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
відділу кліматично орієнтованих агротехнологій,

Заєць С.О.,

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач відділу кліматично орієнтованих агротехнологій,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
м. Одеса, Україна

Основною причиною зниження родючості ґрунтів є порушення чергування культур і нехтування сівозміною, слабким забезпеченням ґрунту органічною речовиною. Таку тенденцію особливо помітно у структурі господарств, що мають невелику частку земельних площ, де вирощується дві або три сільськогосподарські культури. Зокрема, великий вплив на побудову сівозміни господарств має кон'юнктура ринку, яка змушує аграріїв вирощувати переважно високоенергетичні культури. Останні два роки в південній частині України додалися ще й проблеми із погодними умовами, де кількість опадів обмежує вирощування широкого спектру культур. Основна дилема стоїть між балансуванням маржинальності культур і кліматичними можливостями отримання урожаю продукції. При підвищеній насиченості структури посівних площ, наприклад соняшником – виникає ґрунтовтома та зниження запасів глибинної вологи, що призводить до зниження врожайності культур та якості рослинницької продукції. Соняшник разом із основною товарною продукцією виносить велику кількість поживних елементів. Беззмінне чи коротко-ротаційне повернення культури у сівозміну викликає розповсюдження небажаної бурянистої рослинності, хвороб, паразитів і шкідників, що в свою чергу збільшує пестицидне навантаження на ґрунт і його забруднення.

Додаткові проблеми на півдні – невеликі урожаї культур, що зумовлює незначне накопичення післяжнивних решток в ґрунті, відсутнє фактично внесення органічних добрив через дуже слабкий розвиток галузі тваринництва. Для прикладу зазначимо, що єдине органічне господарство, що працює на Херсонщині від тваринництва місцевого населення на сьогоднішній день вносить лише 190 тон гною щорічно, що становить в середньому 90 кг/га в рік, але більшість господарств такої можливості не мають взагалі.

Однак навіть за найскрутніших умов можна знаходити оптимальні рішення, що дають змогу ефективно керувати вологою та забезпечувати баланс органічної речовини та мікроорганізмів у ґрунті.

Сидеральні культури споживають багато вологи - за надмірної вологості ґрунту виростити простіше, ніж коли сухо. Проте вміле керування густотою стояння, глибиною загортання дає можливість максимально залучити вологу через сидерати й згодом із пластичними масами та елементами живлення

повернути її у ґрунт. Виходячи із практичних спостережень, із відкритого поля непродуктивно втрачається удвічі більше води, ніж у разі її використання через рослину. Ефективне керування сидеральними культурами дає можливість підібрати вдалу схему, що дозволяє поступово регулювати процес як деструкції в ґрунті, так і фіксації азоту, бо в сидеральних сумішах є і бобові культури. Ці стратегії дають можливість підібрати вдалу модель незалежно від сівозміни, знайти продуктивні рішення для різних за структурою ґрунтів, починаючи від чорноземів, опідзолених суглинків чи навіть піщаних, де є можливість утворення і накопичення органічної маси [1].

Відмінною практикою в сидерації є висів сумішок. Сумішки рослин як бобові, гірчиця, редька олійна, фацелія, гречка, злакові культури можуть суттєво покращити як стан ґрунту, так і врожайність наступної культури. Бобові культури в сумішках виконують азотфіксуючу функцію, а розкладаючись, забезпечують співвідношення вуглецю до азоту зазвичай нижче 24:1. Гірчиця та редька олійна формують хорошу вегетативну масу, руйнуючи плужну підосхву і захищаючи ґрунт від бур'янів і ґрунтових шкідників. Гречка допомагає ґрунту засвоювати важкодоступні сполуки фосфору. Злакові компоненти за короткі періоди часу накопичити велику масу рослин [2].

В 2024-2025 рр. були проведені дослідження в органічному господарстві Херсонщини щодо урожайності сидеральних культур. Культури складали сидеральне пар і мали основний строк сівби весною. Як показали заміри урожайності біомаси, то найбільший показник 17,52 т/га отримано в сумішках культур за сівби компонентів редька олійна+гірчиця+вика яра+ячмінь (табл. 1).

Таблиця 1.

Урожайність зеленої маси сидеральних культур за органічного виробництва, середнє за 2024-2025 рр.

Варіант	Урожайність біомаси, т/га	Період вегетації, сходи-подрібнення, діб
Редька олійна, гірчиця, вика яра	16,74	62
Редька олійна, гірчиця, вика яра, ячмінь	17,52	63
Гірчиця, фацелія, сочевиця, просо	13,2	68
Редька олійна	10,92	65
Гірчиця	10,11	70
Вика яра	8,38	72

У першій декаді червня залежно від формування біомаси в господарстві вже починали подрібнення і неглибокий дисковий обробіток ґрунту, що дозволяє якісно перемішати рослинні рештки з ґрунтом створити захисний активний мульчуючий шар ґрунту і дане поле тримати до сівби озимих культур в чистому стані від бур'янів. Тоді з уже подрібнених рослин відбувається відтік пластичних мас й активізація мікробного процесу. Волога, яка є в масі рослин, переходить у

грунт, а також завдяки перепаду температур ночі й дня ми отримуємо точку роси, що активізуватиме процес життєдіяльності мікроорганізмів, їх поглинання і залучення їхніх же продуктів життєдіяльності в ґрунтовий розчин.

Родючість ґрунтів і забезпечення поживними речовинами рослин у системі землеробства формується завдяки використанню мікробіологічних препаратів. Мікробіом ґрунту - це динамічна та складна екосистема, сукупність живих мікроорганізмів, які населяють ґрунт та відіграють важливу роль у здоров'ї рослин, ґрунту та довкілля. Різноманіття корисних мікроорганізмів в ґрунті сприяє кращому розвитку кореневої системи рослин, забезпечуючи рослину необхідними мікро- та макроелементами, створюють захисний екран від збудників хвороб та допомагають рослинам краще переносити впливи стресових чинників.

Невід'ємною складовою ефективною трансформації органічної біомаси відразу після подрібнення із заробкою в ґрунт є обприскування комплексними мікробіологічними деструкторами Екостерн, які не тільки сприяють швидкому розкладанню органічної маси, а також проводить дезінфекцію ґрунту перешкоджаючи розвитку патогенів. Разом з деструктором не менш важливим є застосування на цьому етапі ґрунтового мікробіологічного добрива Граундфікс, мікроорганізми якого збагачують ґрунтове середовище макроелементами.

Ефективність застосування органічного деструктора Екостерн досліджувалася на полях органічного господарства за вирощування гороху зимуючого у 2024-2025 рр. (табл.2). Усі варіанти застосування препарату Екостерн показали прибавку урожаю зерна гороху на рівні 0,25-0,46 т/га за роками проведення досліджень і схемами обробки. Найбільші показники урожайності гороху 1,74т/га отримані за внесення деструктору Екостерн у нормі 2,5 л/га під заробку решток пшениці озимої із економічною ефективністю даної агрооперації 5230,00 грн/га.

Таблиця 2.

Ефективність деструктора Екостерн за органічного виробництва гороху зимуючого, середнє за 2024-2025 рр.

Варіант	Урожайність, т/га	Прибавка, т/га	Економічна ефективність, грн/га
Післяжнивні рештки пшениці (урожайність зерна 3,90 т/га)			
Контроль	1,28	-	-
Екостерн 1,5 л/га під заробку дискатором	1,61	0,33	3790,00
Екостерн 2,5 л/га під заробку дискатором	1,74	0,46	5230,00
Післяжнивні рештки соняшнику (урожайність насіння 1,25 т/га)			
Контроль	1,19	-	-
Екостерн 1,5 л/га під заробку дискатором	1,44	0,25	2750,00
Екостерн 2,5 л/га під заробку дискатором	1,47	0,28	2890,00

Стратегія відновлення і сприяння покращенню показників родючості має базуватися на використанні мікроорганізмів у поєднанні із застосуванням посівів сидеральних культур.

Мікробіологічні препарати мають певні особливості використання і зберігання, які для отримання максимальної ефективності необхідно враховувати, особливо дотримання температурного режиму за використання на півдні. Варто зберігати в герметичній тарі виробника у прохолодному місці при температурі, вказаній на етикетці та в інструкції по застосуванню на відповідний препарат, не допускати заморожування, готувати розчин з препаратів необхідно тільки у день обробки та зберігати не більше 4-х годин в темному місці, обробку рослин препаратами рекомендовано проводити у безвітряну погоду, вранці або ввечері, уникаючи дії прямих сонячних променів за температури повітря 15-30 градусів.

Список джерел:

1. Солома, післяжнивні рештки і сидерати – агротехнологічні елементи біологізації сучасного землеробства: монографія / Іванишин В.В., Шувар І.А., Бахмат М.І. та ін.; за заг. Ред. І.А. Шувара, В.М. Сендецького. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2020. 292 с.

2. Шувар І.А. Сидерати в сучасному землеробстві: науково-виробниче видання (монографія) / І.А. Шувар, О.М. Бердніков, Л.В. Центилю, В.М. Сендецький та ін.; за заг. ред. І. А. Шувара. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 156 с.

СИДЕРАЦІЯ – ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ РОДЮЧІСТЮ ГРУНТІВ

Грановська Л.М.

доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН,
завідувач відділу зрошуваного землеробства та декарбонізації агроєкосистем,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН,
м. Одеса, Україна

Найбільш сприятливі умови для досягнення високої продуктивності сільськогосподарських культур, а також для збереження родючості ґрунтів, створюються за повного забезпечення рослин елементами живлення в доступній для них формі. З метою підвищення показників родючості протягом багатьох років, і особливо, у сучасний час, використовувалися агрохімікати, які призводить не тільки для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, але до втрати природної якості ґрунту, що також має значний вплив на здоров'я людей та екологічний стан навколишнього природного середовища [1].

Характерними деградаційними процесами, як відмічають вітчизняні вчені (Балюк С.С. та ін., 2021), в ґрунтах є: втрати гумусу з інтенсивністю 0,42–0,51 т/га на рік та елементів живлення; ерозійні втрати верхнього родючого шару; переуцільнення, руйнування структури, брилистість і кіркоутворення; вторинне осолонцювання й засолення зрошуваних ґрунтів; спрацювання торфовищ; забруднення радіонуклідами (11 % площі ріллі), пестицидами (9 %) й важкими металами (8 %). Втрати гумусу за останні 140 років, із часу перших вимірів його вмісту в ґрунтах України, здійснених В. В. Докучаєвим, в зоні Лісостепу в середньому досягли 22 %, у ґрунтах Степу – 19,5 % і в ґрунтах Полісся – близько 19 % [2]. Скороченням галузі тваринництва щороку призводить до дефіциту органічних добрив, а це негативно впливає на показники родючості ґрунту. Альтернативним джерелом для часткової заміни гною великої рогатої худоби, поліпшення поживного режиму ґрунту і забезпечення культурних рослин елементами живлення є залучення сидератів та застосування побічної продукції культур [3].

Використання сидератів у рослинництві було визнано економічно вигідним та екологічно прийнятним підходом на противагу агрохімікатам. У всьому світі існує безліч рослин-сидератів, які можуть сприяти покращенню біологічної, фізичної та хімічної якості ґрунту. Вони не тільки покращують та відновлюють показники родючості ґрунту, а й допомагають вирішувати ряд сільськогосподарських проблем через насичення сівозмін бобовими культурами [4].

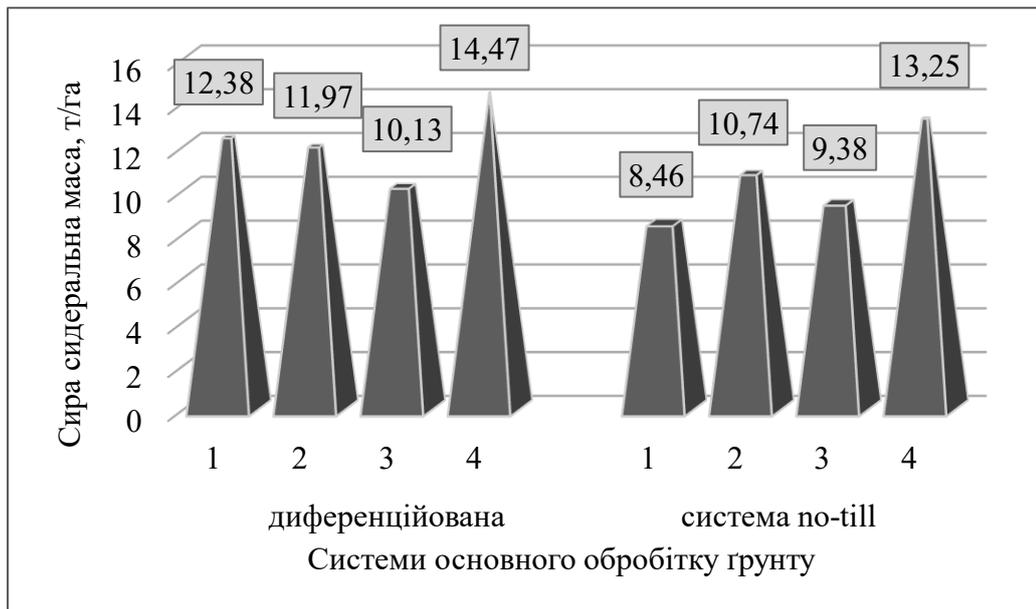
Використання таких специфічних та екологічно чистих органічних добрив, як післяжнивні рештки сільськогосподарських культур та сидерати, є одним із найважливіших елементів сучасного точного землеробства. Само вони позитивно впливають на родючість ґрунту та екологічну ситуацію в агроєкосистемах. Сидерати поповнюють запаси органічної речовини в ґрунті,

підвищуючи, таким чином, родючість орного шару, збагачуючи його азотом, фосфором, калієм та іншими корисними для культурних рослин макро- і мікроелементами. Органічну речовину сидеральних культур можна розглядати як створюваний у ґрунті резерв всіх необхідних рослинам поживних речовин, які переходять у засвоювану форму не відразу, а поступово, впродовж усього вегетаційного періоду, забезпечуючи безперервний ріст і розвиток рослин. Бобові культури збагачують ґрунт азотом, який фіксують із повітря бульбочкові бактерії, розміщені на їхніх коренях. Використаний сидератами для створення біомаси азот з ґрунту не вилучається і після їх заробляння знову йде на поповнення вмісту органічної речовини і азотного фонду ґрунту.

Дослідження вчених відділу зрошуваного землеробства та декарбонізації агроecosystem ІКОСГ НААН проводилися в умовах двофакторного стаціонарного дослідження на чотирьохпільній зерно-просапній сівоzmіні протягом 2021–2025 рр. Для сидерації використовували гірчицю яру сарепську з нормою висіву 20 кг/га, гречку звичайну – 100 кг/га, буркун білий однорічний – 12 кг/га та фацелію пижмолисту – 12 кг/га. Такий вибір сидеральних культур обумовлено належністю їх до різних біологічних груп з відповідно різним впливом на поживний режим, а отже і на врожайність сільськогосподарських культур. За контроль приймали органо-мінеральну систему удобрення без використання покривних культур. Сівбу сидератів проводили після збирання врожаю озимих зернових культур і скошували на початку фази цвітіння.

Встановлено, що вплив сидеральних культур на потенційну родючість ґрунту залежить, насамперед, від кількості біомаси, заробленої в ґрунт, на величину якої значною мірою впливають як погодні умови, так і агротехнологічні умови вирощування. Як свідчать результати досліджень сидеральні культури до моменту їх скошування (за диференційованої системи основного обробітку ґрунту в сівоzmіні) сформували сиру біомасу (гірчиця яра – 12,38 т/га, гречка звичайна – 11,97 т/га, буркун білий однорічний – 10,13 т/га та фацелія пижмолиста – 14,47 т/га). Найбільшу надземну біомасу сформувала фацелія пижмолиста – 14,47 т/га за диференційованої системи та 13,25 т/га за системи *No-till* (рис.).

Результатами досліджень встановлено, що хімічний склад біомаси у кожній сидеральній культурі був різним і залежав в основному від видових особливостей рослин. Так на період заробляння у ґрунт рослини гречки залежно від варіанта обробітку ґрунту містили від 1,69 до 2,59 % азоту, 0,51–0,78 % фосфору та 2,34–3,28 % калію, гірчиці ярої – 1,61–1,92 %, 0,50–0,52 % та 1,8–1,86 %, фацелії – 1,14–2,78 %, 0,37–0,48 % та 2,22–2,29 % та рослини буркуну білого однорічного – 2,43–2,81 %, 0,72–0,79 % та 0,88–1,03 %, відповідно.



Примітка: 1–4 сидеральні культури (1 – гірчиця яра; 2 – гречка звичайна; 3 – буркун білий однорічний; 4 – фацелія пажитлиста)

Рис. Формування сирової надземної маси сидеральними культурами за різних систем основного обробітку ґрунту, т/га

На основі експериментальних досліджень проведених на зрошуваних землях у короткоротаційній сівозміні з пшеницею озимою + післяжнивню сидерат, кукурудзою на зерно, ячменем озимим + післяжнивню сидерат та соєю встановлено, що під впливом систем основного обробітку ґрунту та сидеральних культур відбуваються зміни не лише поживного режиму темно-каштанового ґрунту, а й його агрофізичних властивостей, водного режиму та фіто-санітарного стану посівів у сівозміні, які обумовлюють створення різних умов для росту й розвитку сільськогосподарських культур та формування продуктивності сівозміни.

Поживні речовини ґрунту, які сидеральні культури використовують в період свого росту і розвитку для створення біомаси, після їх скошування і заробляння в ґрунт ідуть на поповнення вмісту органічної речовини ґрунту і в подальшому використовується для живлення наступної культури сівозміни. Різні умови, які склалися за систем основного обробітку та різних систем удобрення основних культур сівозміни (накопичення та перерозподіл рослинно-коренових залишків та винесення елементів живлення з урожаєм), сприяли формуванню неоднакового вмісту рухомих елементів живлення рослин у ґрунті.

Важливим біологічним елементом, який відіграє виняткову роль у житті рослин та безпосередньо впливає на підвищення врожайності сільськогосподарських культур, виступає азот. За період ротації сівозміни відбувалися зміни агрохімічного складу ґрунту і відмічалось підвищення вмісту мінерального азоту, причому, на варіантах з гірчицею ярою на сидерат нітратів та обмінного амонію було на 2,5 % більше, ніж на варіантах без сидерату.

Використання сидератів як за диференційованої системи основного обробітку ґрунту, так і нульового обробітку, забезпечує більший вміст у

МОНІТОРИНГ ДИНАМІКИ ГУМУСУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЧЕРЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР

Жигайло Т.С.

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН
м. Одеса, Україна

Жигайло О.Л.

кандидат географічних наук, доцент
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
м. Одеса, Україна

Толмачова А.В.

кандидат географічних наук, доцент
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
м. Одеса, Україна

Раціональне землекористування вимагає впровадження системного підходу до збереження та відтворення родючості ґрунтів, одним із ключових показників якої є гумусовий стан. Зростаюча інтенсифікація землеробства, зниження частки органічних добрив, порушення оптимальних сівозмін та посилення агрохімічного навантаження спричиняють істотне виснаження гумусового фонду, особливо в умовах Південного Степу України. Гумусовий баланс є чутливим індикатором змін у структурі посівів та технологіях обробітку, тому потребує безперервного моніторингу й науково обґрунтованого регулювання. Формування адаптивних систем землеробства, здатних підтримувати стабільний гумусовий режим, визначається як стратегічне завдання сучасного землекористування [1].

Найбільш уразливими до втрат гумусу є короткоротаційні сівозміни, які нині широко застосовуються у виробничій практиці та характеризуються недостатнім поверненням органічної речовини в ґрунт. Відсутність системного контролю динаміки гумусу знижує ефективність агрорішень та прискорює процеси деградації чорноземів, що є базовим ресурсом агропродуктивності регіону. За таких умов особливого значення набуває впровадження сидеральних культур, здатних компенсувати дефіцит органічної маси й стабілізувати гумусовий баланс [2].

Для оцінювання впливу короткоротаційних сівозмін на гумусовий стан чорноземів Південного Степу застосовано методику розрахунку балансу гумусу, що базується на порівнянні надходження та мінералізації органічної речовини. У розрахунках враховано надходження біомаси з основної та побічної продукції культур, коефіцієнти гуміфікації післяжнивних решток і втрати гумусу внаслідок мінералізації та ерозійних процесів. Об'єктом дослідження були рекомендовані для регіону короткоротаційні сівозміни, у тому числі п'ятипільна сівозміна з

ріпаком озимим і соняшником, що вивчалась у виробничих умовах Одеської області у 2020–2024 рр.

Балансові розрахунки виконано для двох сівозмін (табл.), які відрізнялися типом попередника озимої пшениці: чистий пар (сівозміна 1) та зайнятий пар з використанням сидерату – гірчиці білої (сівозміна 2). До структури сівозмін входили зернові (пшениця озима, ячмінь ярий) та технічні олійні культури (ріпак озимий, соняшник). Проведене оцінювання показало (рис. А), що найбільші втрати гумусу припадають на чистий пар (1,46 т/га) і соняшник (1,01 т/га), що загалом спричиняє сталий дефіцит гумусу в сівозміні1 (-2,22 т/га за ротацію). Натомість заміна чистого пару на зайнятий (рис. В) сприяла зменшенню загальних втрат (до 3,59 т/га) та збільшенню надходження органічної речовини (3,97 т/га), що забезпечило позитивний інтегральний баланс (+0,38 т/га).

Таблиця

Структура дефіциту та відтворення гумусу в чорноземах за різних варіантів короткоротаційних сівозмін (2020-2024 рр.)

№ п/п	Культура	Втрати гумусу (L_h), т	Утворення гумусу (F_h), т	Дефіцит гумусу (D_h), т
Сівозміна 1				
1	Чистий пар	1,46	–	-1,46
2	Пшениця озима	0,67	0,88	+0,21
3	Ріпак озимий	0,67	0,39	- 0,28
4	Ячмінь ярий	0,62	0,70	+0,08
5	Соняшник	1,01	0,24	-0,77
За ротацію		4,43	2,21	-2,22
Сівозміна 2				
1	Зайнятий пар	0,62	1,76	+1,14
2	Пшениця озима	0,67	0,88	+0,21
3	Ріпак озимий	0,67	0,39	-0,28
4	Ячмінь ярий	0,62	0,70	+0,08
5	Соняшник	1,01	0,24	-0,77
За ротацію		3,59	3,97	+0,38

Примітка:

Баланс гумусу на 1 га сівозмінної площі за відсутності удобрення; сидерат – гірчиця біла яра.

Велике значення також мають показники надходження біомаси в ґрунт для утворення гумусу. Аналізуючи показники надходження біомаси в ґрунт (рис. Б, Г), ми бачимо, що кількість всієї побічної продукції була вищою в другій сівозміні (3,97 т/га), що свідчить про кращу потенційну здатність цієї сівозмини до поповнення органічної речовини. Надходження біомаси від зернових культур було істотно вищим (0,70–0,88 т/га), що забезпечувало профіцит гумусу після озимої пшениці (+0,21 т/га) та ярого ячменю (+0,08 т/га). Технічні культури

формували стабільний дефіцит ($-0,28$ т/га після ріпаку та $-0,77$ т/га після соняшнику). Найвищий позитивний баланс гумусу ($+1,14$ т/га) забезпечував зайнятий пар, що підтверджує важливу роль сидератів у поповненні органічної речовини ґрунту.

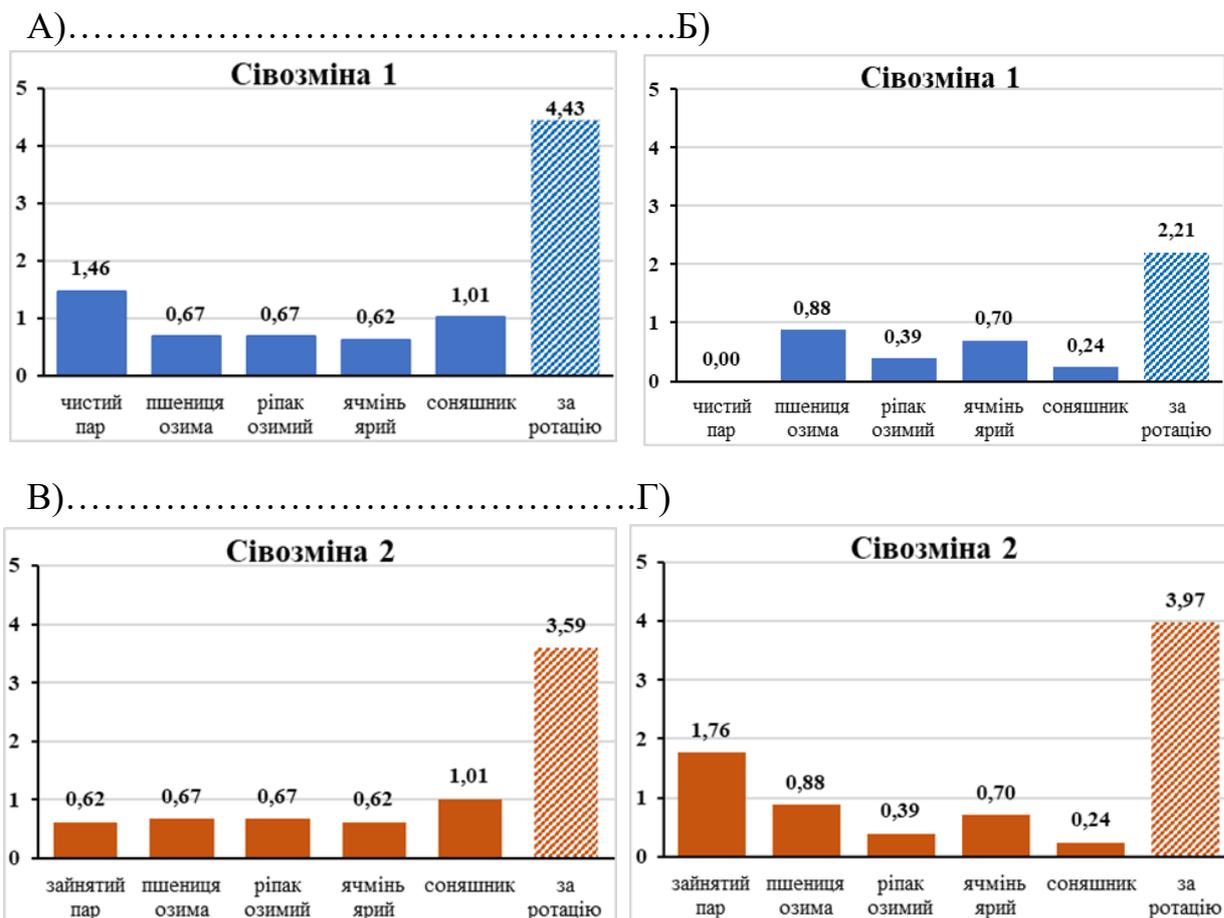


Рис. Динаміка втрат і утворення гумусу в сівозмінах

Узагальнення результатів свідчить, що використання сидеральних культур у структурі короткоротаційних сівозмін забезпечує покращення гумусового стану чорноземів, зменшує інтенсивність мінералізації органічної речовини та сповільнює деградаційні процеси. Отримані дані підтверджують доцільність переходу до адаптивних систем землеробства, зорієнтованих на екологічно обґрунтоване використання сівозмін із зайнятим паром, що сприяє збереженню родючості, підвищенню ефективності використання вологи та стабільності агроєкосистем у посушливих умовах Південного Степу.

Список джерел:

1. Охорона і підвищення родючості ґрунтів України: колективна монографія / В. В. Дегтярьов та ін.; Харків: ХНАУ імені В. В. Докучаєва, 2021. 368 с.
2. Кудря С.І., Тараріко Ю.О., Кудря Н.А., Личук Г.І. Гумусний режим чорнозему типового в короткоротаційних сівозмінах із різним бобовим компонентом. *Вісник аграрної науки*. 2024. Том 102. № 1. С. 64-70. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202401-09>

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНКРУСТАЦІЇ НАСІННЯ ФОСФОРОВМІСНИМ ПРЕПАРАТОМ ДЕФЕНС С НА ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ФОСФОРНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА ЧОРНОЗЕМАХ ЗВИЧАЙНИХ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Крамарьов С.М.,

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
професор, завідувач кафедри агрохімії

Фролов С.В.,

асистент кафедри агрохімії

Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

м. Дніпро, Україна

Крамарьов О.С.,

кандидат економічних наук, старший науковий співробітник

ДУ Інститут зернових культур НААН України,

м. Дніпро, Україна

Фосфор є одним із основних елементів мінерального живлення рослин, а його вміст в ґрунті – один із важливих показників його родючості [1]. Парадокс фосфору полягає в тому, що за високого вмісту в ґрунтах валового фосфору, кількість рухомих його форм дуже низька, а ступінь його рухомості визначена за методом Карпинського і Зам'ятиної становить всього лише 0,04-0,05 мг/л ґрунтового розчину [2]. Тому, без суттєвого покращення фосфатного режиму ґрунту неможливо отримати високих врожаїв всіх сільськогосподарських культур. Зазвичай поліпшення фосфорного живлення рослин здійснюють за рахунок внесення в ґрунт фосфорних добрив, але коефіцієнт використання з них фосфору невеликий і варіює від 15% за розкидного внесення до 25% за локального розташування фосфорних туків в вигляді стрічки на глибині 12-15 см [3]. Це пояснюється високою активністю аніону H_2PO_4^- і швидкою його взаємодією на чорноземах звичайних з катіонами кальцію та магнію, які в цих ґрунтах, особливо за посушливих умов, зосереджуються в верхньому шарі ґрунту. До того ж дигідрофосфат аніон ортофосфорної кислоти H_2PO_4^- малорухливий [4]. За рік в ґрунті він може переміститись на відстань всього лише 1 см, а кореневий волосок зможе його поглинути лише в тому випадку коли він розташується близько коло нього на відстані всього лише 3-4 мм [3]. На більшій відстані кореневий волосок не здатний поглинати цей аніон. Гальмує проходження процесу поглинання фосфору з ґрунтового розчину й низька температура ґрунту. В тому випадку, коли ґрунт охолоджується пізньої осені і рано весною до $+7-5^\circ\text{C}$, кореневий волосок вже стає не здатним поглинати рухомі форми фосфору з ґрунтового розчину і відновиться процес поглинання фосфору з ґрунту тільки після його прогрівання до $+10^\circ\text{C}$ [5].

Дослідженнями виконаними в нашій країні та за кордоном встановлено, що основну частину фосфору рослини використовують у перші фази росту й

розвитку, створюючи відповідні його запаси. Цим і пояснюється необхідність проведення передпосівної інкрустації насіння фосфоровмісними препаратами в поєднанні із внесенням в рядки нормою 10-15 кг/га легкокорозчинних фосфорних добрив під час сівби. Потім накопичений в листках і стеблах фосфор переміщується зі старих тканин у молоді, тобто в даному випадку відбувається його реутилізація [3, 4]. Враховуючи ту обставину, що на чорноземних ґрунтах вміст рухомих форм фосфору є одним із лімітуючих факторів подальшого росту продуктивності пшениці м'якої озимої, всі зусилля вчених-агрохіміків зосереджені на пошуку шляхів поліпшення фосфорного режиму чорноземів звичайних. Особливо важливий для рослин фосфор в початковій фазі їх розвитку. В зв'язку з цим актуальним є питання пов'язане з пошуком шляхів збільшення кількості нанесення фосфоровмісного препарату Дефенс С на поверхню насіння пшениці м'якої озимої під час проведення передпосівної його інкрустації та підвищення коефіцієнту використання фосфору рослинами пшениці м'якої озимої за рядкового внесення фосфоровмісних добрив під час сівби.

Дослідження проводились впродовж 2021-2025 рр. на дослідному полі навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом звичайним мало гумусним важко суглинковим на лесі. Морфологічна структура його ґрунтового профілю наступна: горизонт Н (гумусовий) від 0 до 39-45 см, до 22 см – орний шар, темно-сірий, пилювато-грудкуватий, важко суглинковий. Нижче, від 22 до 46 см, залягає під орний, темно-сірий із грудкувата-зернистою структурою, слабо ущільнений, важко суглинковий, перехід у наступний горизонт поступовий. Горизонт НР (гумусово-перехідний) від 38 до 60 см, темно-сірий з буруватим відтінком, який донизу світлішає, рівномірно пофарбований, з грудкувата-горіховатою структурою. Основні агрохімічні показники цих чорноземів наступні: вміст гумусу варіює від 3,5 до 3,8% і з глибиною його вміст поступово зменшується. Валовий вміст азоту становить – 0,23%, фосфору – 0,12%, калію – 2,4%. Кількість рухомих фосфатів (за Чириковим) складає 19,5 мг на 100 г абсолютно сухого ґрунту, вміст обмінного калію варіює в межах від 18 до 20 мг на 100 г ґрунту.

Клімат зони розміщення дослідного поля помірно-континентальний, характеризується посушливістю та нестійкими умовами зволоження. Глибина залягання ґрунтових вод на глибині 12-18 м, внаслідок чого рослини забезпечуються вологою в основному тільки за рахунок атмосферних опадів. За багаторічними даними метеорологічних станцій середньорічна кількість опадів складає 435 мм. Розподіл їх за інтенсивністю нерівномірний: взимку випадає 18 % річної кількості опадів, навесні – 23, влітку – 37 і осінню – 22%. Існує тісний зв'язок зернової продуктивності із запасами вологи в метровому шарі ґрунту під час сівби та сумою опадів, які випали за осінньо-зимовий та весняно-літній період вегетації. Середньомісячна відносна вологість повітря становила: взимку – 84%, весною – 69, влітку – 66, восени – 78%, а середньорічна температура повітря становила +7,9°C.

Полеві досліді проводились впродовж 2021-2025 рр. згідно прийнятих методичних вказівок і розміщувались в сівозміні в якій попередником пшениці озимої був соняшник. Висівали в дослідях районований сорт пшениці м'якої озимої Шестопалівка. Площа посівної ділянки – 60 м², облікової – 30 м², розміщення варіантів в польовому досліді систематичне, повторність трьох разова. Сівбу проводили сівалкою СН-16 з міжряддям 15 см. Збирали врожай зерна у фазі повної стиглості малогабаритним комбайном «Samro».

Однією з причин поганої перезимівлі озимих культур є посушливість передпосівного періоду, коли нестача води в ґрунті при посіві озимих нерідко спричиняє втрату схожості насіння. У зв'язку з цим важливим фактором підвищення морозостійкості є технологічний захід – передпосівна інкрустація насіння. Під час проростання зерна пшениці м'якої озимої наявний в ньому фосфор, який знаходиться у складі органо-мінеральної речовини фітину використовується проростком впродовж перших 10 діб від початку проростання, а потім виникає його дефіцит. За виниклого дефіциту дуже поступово росте коренева система і затримується ріст паростка. Крім того в осінньо-зимовий період вегетації зменшується зимостійкість рослин, скорочується дольова частка зерна в структурі врожаю, погіршується його виповненість. Для ліквідації виниклого дефіциту в схемі польового досліді передбачався варіант в якому проводилася передпосівна інкрустація насіннєвого матеріалу фосфоровмісним препаратом Дефенс С. Дефенс С це комплексний препарат. До його складу входять плівкоутворюючі компоненти (поліетиленоксид – 400 (ПЕО - 400, ПЕО – 9, Macrogols – 400 і поліетиленоксид - 1500(ПЕО - 1500, Macrogols – 1500), а також гумат калію, калій дигідрофосфат (Potassium dihydrogen jrtophosphote, KH_2PO_4), ендofіт (продукт метаболізма життєдіяльності гриба – ендofіт Panax Ginsed M, гліцерин (1.2.3 триоксипропан Glycerin) та ДМСО -(dimethyl sulfoxide, Demosorb).

Кожен з вище зазначених компонентів після нанесення препарату на поверхню рослин виконує свою відповідну функцію. Так, рістрегулюючі речовини гумат калію, гумат натрію та спиртова витяжка з гриба ендofіт сприяють інтенсивному поділу клітин меристематичних тканин молодих рослин. Завдяки KH_2PO_4 , проходить нагромадження в клітинах вузла куцнення водорозчинних вуглеводів, що викликає підвищення концентрації клітинного соку і запобігає внутрішньоклітинному замерзанню, а в меристематичних тканинах рослин розвиваються дрібні клітини, що підвищує їх адаптивні властивості. Гліцерин зменшує кількість вільної води в цитоплазмі клітин за рахунок зростання гідрофільності колоїдів. Диметилсульфоксид підвищує гнучкість та еластичність мембран і тим самим сприяє зростанню проникності в цитоплазму клітин через плазмолему компонентів препарату Дефенс С, особливо катіонів калію та фосфат-аніонів. В результаті комплексної дії на рослину компонентів препарату «Дефенс С» відбувається підвищення морозостійкості озимих сільськогосподарських культур, зростання сирої та сухої їх маси, кількості хімічно зв'язаної води і накопичення в вузлах куцнення водорозчинних вуглеводів.

Однак, на поверхню насіння його можливо нанести лише 300 г/т, за більшої нанесеної кількості відбувається пригнічення росту рослин викликане зростанням концентрації і осмотичного тиску ґрунтового розчину. Але в той же час цієї кількості недостатньо, щоб повністю задовільнити потреби проростка в початкову фазу його росту в доступних формах фосфору.

З метою зниження негативного впливу високої концентрації, яка виникає за зростання норми внесення фосфоровмісного препарату Дефенс С було введено в склад бакової суміші для передпосівної інкрустації насіння додатковий компонент адсорбент нано-біочар. Нано-біочар маючи високо розвинену поверхню пор адсорбує складові компоненти фосфоровмісного препарату Дефенс С і потім пролонговано переводить їх в ґрунтовий розчин. Біочар БМ Green (*biochar-based activated carbon*) (з англ. *biochar*) – це легкий чорний залишок у вигляді полідисперсної системи різної фракції, який складається з вуглецю, що залишається після піролізу біомаси без доступу кисню. Сумарна площа його зовнішньої та внутрішньої поверхні досить велика і становить 850 м² на грам. Біочар є гігроскопічним завдяки своїй шпаруватій структурі та високій питомій поверхні. У результаті внесені в ґрунт добрива та інші поживні речовини за його наявності можуть довго зберігатися в ньому в доступній для рослин формі і проявляти пролонговану дію.

Завдяки нано-біочару вдалося збільшити норму внесення фосфоровмісного препарату на одну тону насіння до 400 г/т. Додаткове нанесення на поверхню насіння фосфоровмісного препарату Дефенс С поліпшило умови фосфорного живлення, що в свою чергу сприяло інтенсивному росту первинної кореневої системи, яка почала краще галузитись та проникати в більш глибокі шари ґрунту.



Рис. 1. Вплив передпосівної інкрустації насіння пшениці м'якої озимої фосфоровмісним препаратом Дефенс С на ріст кореневої системи в початковій фазі онтогенезу

Введення до складу бакової суміші поряд з основними компонентами ще й додаткового нано-біочару покращило умови фосфорного живлення рослин пшениці м'якої озимої і дало можливість рослинам й в наступні фази свого

розвитку поліпшувати умови свого фосфорного живлення рухомими формами дигідрофосфату, швидше куцтись й накопичувати в вузлі кущення більшу кількість водорозчинних вуглеводів, а також це сприяло інтенсивному росту кореневої системи (рис. 1,2).



Рис. 2. Вплив передпосівної інкрустації насіння на ріст і розвиток рослин пшениці м'якої озимої в початковій фазі їх онтогенезу:

1. контроль; 2. передпосівна інкрустація насіння Дефенс С; 3. передпосівна інкрустація насіння Дефенс С + нано-біочар.

Оптимізація умов фосфорного живлення рослин пшениці м'якої озимої сприяла підвищенню врожайності зерна на 0,18-0,2 т/га, а за рахунок нано-біочару і додаткового збільшення норми використання фосфоровмісного препарату Дефенс С дало можливість отримати 0,15 т/га зерна. Суттєвих змін біохімічних показників якості зерна під впливом даного чинника не було відмічене.

Висновок. До складу бакової суміші за проведення передпосівної інкрустації насіння пшениці м'якої озимої вводити фосфоровмісний препарат Дефенс С нормою 400 г/т і 100 г/т адсорбента нано-біочар. Проведена таким чином передпосівна інкрустація насіння пшениці м'якої озимої дає можливість додатково отримати приріст врожаю зерна, який варіює в межах 0,18-0,20 т/га.

Список джерел:

1. Носко Б.С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України / Б. С. Носко. Харків: ФОП Бровін О.В., 2017. 476 с.
2. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 207 с.
3. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва / за ред. Б. С. Носка Київ: Аграрна наука, 1999. 97 с.
4. Марчук І. У., Грищенко О. В., Бордюжа І. П. підручник. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2024. 408 с.
5. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: ТОВ ТРОПЕА, 2024. 572 с.

ПРО НЕОБХІДНІСТЬ ЗМІН У ПЕРЕЛІКУ АГРОВИРОБНИЧИХ ГРУП ҐРУНТІВ

Куліджанов Е.В.,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
директор Південного МРЦ ДУ «Держґрунтохорона»,
м. Одеса, Україна

У попередніх роботах вже приділялося увагу до технологічної якості законодавства щодо охорони ґрунтів в Україні [1]. Перелік агровиробничих груп ґрунтів, затверджений Постановою КМУ № 1051 від 17.10.2012 «Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру», також викликає певні зауваження, та потребує коригування, з урахуванням виробничих реалій [2].

Рослинництво включає до себе багато операцій із обробітку ґрунту, тобто заходів безпосереднього впливу на ґрунт. Ці заходи можуть радикально змінювати властивості ґрунту, зокрема будову ґрунтового профілю.

Згідно канонів землеробства (загальна агрономія, не має відношення до землевпорядкування), обробіток ґрунту в залежності від глибини може бути, зокрема:

- глибокий - до 30 см і глибше;

- плантажний – від 40 см і глибше. Однак таке ділення дещо умовне і залежить від ґрунтових умов. Так, середній обробіток на чорноземах може бути глибоким для ґрунтів з неглибоким гумусовим шаром. [3].

Загалом візуально плантажовані ґрунти у профілі мають різкий безградієнтний перехід між горизонтом Н, та Ph або Р. Такий профіль утворюється коли глибина оранки сягає горизонтів Ph або Р.

Глибина оранки, прийнята для садіння садів та виноградників – 60-80см, ягідників – 40-60 см. У радянські часи розповсюдженим засобом обробітку ґрунту, який забезпечував захист від бур'янів, була оранка рід буряки, овочі кукурудзу на глибину 40 см. Отже, плантаж – це не обов'язково оранка під багаторічні насадження. Він застосовувався та застосовується як ефективний засіб покращення насамперед агрофізичних умов вирощування різних сільськогосподарських культур.

Проте у згаданому переліку агровиробничих груп ґрунтів присутні тільки темно-каштанові та каштанові плантажовані – група 117.

Разом із тим, для чорноземів південних, в залежності ввід ступеню змитості, зазначені глибини оранки можуть виявитися такими, що призведуть до тих самих радикальних змін у будові профілю. Так, наприклад, оранка на 70-80 см призводить до утворення типового плантажованого профілю на чорноземі південному (рис. 1). Видно чіткий перехід, відсутність горизонту Нр та частково Ph.

Оранка на меншу глибину теж призводить до створення зміненої будови профілю (рис. 2). В цьому випадку проведено напівплантажну оранку (на

глибину 40 см), необов'язково під багаторічні культури. Горизонт Н перемішано із горизонтом Н_р. Як наслідок – також чіткий перехід, але менш контрастні кольори сусідніх горизонтів, ніж у попередньому випадку.



Рис. 1. Профіль чорнозему південного після плантажної оранки на 70-80 см

Візуально плантажовані ґрунти можуть бути подібними до рекультивованих (рис. 2), але очевидно відрізняються за способом утворення верхніх шарів профілю.

На середньо- або сильнозмитих чорноземах контрастний перехід може утворюватися і після звичайної оранки (рис. 3). Тобто плантажної оранки не було, але профіль має контрастний перехід, як у плантажованого ґрунту. Загалом можна обґрунтовано припустити, що такий перехід може виникати у профілях будь-яких типів ґрунтів, за певного співвідношення глибини гумусованих шарів, та глибини оранки. Можна здогадуватися, чому це явище не знайшло свого відображення у переліку агровиробничих груп (вочевидь, натрапили на розріз саду або винограднику десь на Херсонщині), але ситуація потребує виправлення.

На чорноземах до цього призводить плантажна оранка (45-80 см), але те саме може статися за звичайної оранки на 30-40 см і на ґрунтах півночі, сірих лісових та дерново-підзолистих. Разом із тим для агрономів, особливо з багаторічних культур, така ситуація є повсякденною. Отже ознака плантажованості може бути виявленою (і виявляється) у багатьох типів ґрунтів, проте вказати шифр у таких випадках буде неможливо.

Для створення глибокого орного шару застосовують різні способи: поступове збільшення глибини оранки звичайними плугами з вивертанням глибших шарів з одночасним внесенням органічних і мінеральних добрив, а за потреби - й вапна або гіпсу; ... [4].



Рис. 2. Профіль чорнозему південного (вочевидь слабозмитого) після напівплантажної оранки на глибину 40 см

Це здебільшого стосується агротехнічних заходів, які застосовуються на ґрунтах півночі (дерново-підзолисті, сірі лісові, тощо). Приорювання малородючих нижніх шарів, їх насичення елементами живлення, створює кращі умови для життєдіяльності с-г культур, підвищує їхню продуктивність.

Проте, з точки зору класифікації таких (змінених) ґрунтів можуть виявитися суперечності. Таким чином, навіть незмиті, але від природи короткопрофільні ґрунти, можуть насправді виявитися теж плантажованими.

Відтак, практично в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, можна виявити ґрунти, профіль яких суттєво змінений внаслідок оранки. Такі ґрунти за будовою не відповідають тим, що входять до Переліку агровиробничих груп. Наявність таких ґрунтів треба обов'язково відобразити у цьому Переліку, аби уникнути вказаної невідповідності.

Щоб не ускладнювати існуючий перелік, можна було б додати до кожної існуючої агрогрупи, поряд із варіаціями за гранскладом, ще позицію «плантажовані», а в документації вказувати глибину оранки. Таким чином, збережеться зональна прив'язка, та додається конкретика у назві.



Рис. 3. Профіль чорнозему південного (вочевидь середньо- або сильнозмитого) після звичайної оранки на глибину 27-30 см

Ще один недолік переліку агрогруп - наявність ґрунтів групи 212 (без гумусного шару), та 220 (зольники). Ці ґрунти практично непридатні для аграрного виробництва, як і "важка" частина 215 групи, та 216 група. Тобто немає сенсу вважати такі ґрунти агровиробничими, та включати їх до переліку. Загалом можна сказати, що окрім можливих зауважень з точки зору ґрунтознавства, із переліку агрогруп за формальною назвою, випадають майже усі ґрунти профіль яких змінився через оранку. Це велика площа садів, ягідників та виноградників, розсадників, під овочами, а також короткопрофільні ґрунти із приораним горизонтом Ph. При цьому земельна служба вимагає вказувати у документації шифр агрогрупи, незважаючи на відсутність відповідних позицій у переліку агрогруп. На практиці іноді доводиться розглядати такі ґрунти як зональні.

Тобто з агрономічної точки зору, з точки зору ґрунтознавства та систематизації ґрунтів що використовуються у с-г виробництві, номенклатурний список агрогруп має серйозні недоліки, не охоплює великі площі із ґрунтами що мають будову суттєво змінену оранкою. Проте фахівці – представники МАП та профільні науковці могли б створити відповідний перелік із урахуванням потреб та досвіду с.-г. виробництва.

Список джерел:

1. Куліджанов Е.В., Мартиненко В.М. Технологічні недоліки нормативної бази щодо охорони ґрунтів в Україні. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: серія «Сільськогосподарські науки»*. 2024. Вип. 4 (№108). С. 129-151. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs4202410>

2. Додаток 5 до Постанови КМУ [№ 1051 від 17.10.2012](#) «Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру»
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051%D0%B1-2012-%D0%BF#n749>

3. Основи землеробства і рослинництва: навчальний посібник / С.П. Танчик, В.М. Рожко, О.Ю. Карпенко, А.А. Анісімова. Київ: НУБіП України, 2019. 261 с. <https://dglib.nubip.edu.ua/bitstreams/2b862798-2130-492e-b4ed-c47d1a97027a/download>

4. Гаркавенко О. І., Іванів М. О. Окультурення орного шару ґрунту, способи його поглиблення. Херсон: Херсонський ДАУ, 2018. С. 164-165. URI: <http://hdl.handle.net/123456789/3475>

РОЛЬ АКВАПОНІКИ В РАЦІОНАЛЬНОМУ ВИКОРИСТАННІ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ТА ЗМЕНШЕННІ ТИСКУ НА ҐРУНТОВІ ЕКОСИСТЕМИ

Майборода Х.А.,

асистент,

Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна

Сучасний стан ґрунтових ресурсів України характеризується стрімким посиленням деградаційних процесів, що охоплюють значну частину агроландшафтів та становлять загрозу екологічній і продовольчій безпеці держави. За результатами наукових і аналітичних оцінок [1-5], близько 40% сільськогосподарських земель України перебувають у стані ерозійної небезпеки, значна частка територій зазнала втрати гумусу, а водно-фізичні властивості ґрунтів продовжують погіршуватися через надмірне розорювання, монокультурність і високе техногенне навантаження. Деградація посилюється ущільненням, засоленням, порушенням балансу поживних елементів та забрудненням агрохімікатами, що комплексно знижує родючість ґрунтів і їх відновний потенціал.

Повномасштабна війна в Україні стала додатковим потужним фактором погіршення ґрунтового здоров'я. За даними екологічних організацій [6], бойові дії спричинили масштабне механічне руйнування ґрунтів вибухами, утворення воронки і зон переущільнення, а також забруднення важкими металами, токсичними речовинами та залишками вибухівки. Мільйони гектарів землі потребують розмінування, а ґрунти на постраждалих територіях демонструють різке зниження мікробіологічної активності та втрату органічної речовини через бойові пожежі й пірогенні процеси. Додатково ситуацію ускладнюють руйнування меліоративних систем, зміни водного режиму, затоплення окремих територій та порушення їхнього гідрологічного балансу.

У поєднанні з кліматичними змінами - посухами, температурними аномаліями, нерівномірними опадами та дефіцитом вологи - ці процеси формують гострий рівень викликів для національного агросектору. За таких умов особливої актуальності набуває впровадження інноваційних природоохоронних та ресурсозберігаючих технологій, здатних зменшувати тиск на ґрунти, підтримувати їх відновлення та забезпечувати альтернативні моделі агровиробництва.

Однією із таких технологій є аквапоніка, що поєднує вирощування рослин і риби у безґрунтовому середовищі на основі замкненого циклу води. Ця технологія дозволяє зменшити потребу у використанні орних земель, зберігаючи ґрунтовий покрив від деградації та експлуатаційного навантаження.

Екологічна ефективність аквапоніки обумовлена високим рівнем повторного використання води - до 90-95 % [7] оптимізацією поживних ресурсів та мінімізацією внесення агрохімікатів. Замкнені цикли живлення та

мікробіологічні процеси нітрифікації і мінералізації створюють природний доступний розчин поживних речовин для рослин, що забезпечує стабільну продуктивність при збереженні екологічної безпеки.

Аквапоніка також сприяє зниженню енергетичних витрат у виробництві харчової продукції, оскільки скорочує потребу у механічній обробці ґрунту та використанні агротехніки. Водночас контрольоване середовище зменшує ризики втрат врожаю через несприятливі погодні умови, що підвищує економічну життєздатність та стабільність доходів господарств.

Крім того, аквапоніка є технологічно інноваційною та модульною системою, яку можна адаптувати до різних масштабів - від невеликих навчально-дослідних установок до промислових комплексів. Таке рішення дозволяє підвищувати продовольчу безпеку, економічну життєздатність господарств та впроваджувати сучасні технології в агропромислове виробництво [8].

Модульність і гнучкість системи забезпечує її соціально-економічну стійкість: місцеві громади можуть інтегрувати аквапоніку для задоволення власних потреб у свіжих продуктах, створюючи робочі місця та зменшуючи залежність від імпорту продуктів. Це також стимулює розвиток технологічної інфраструктури та освітніх програм, що розвивають навички у сфері сучасних агротехнологій.

Водночас відсутність потреби у ґрунті та контрольоване середовище дозволяють зменшити антропогенне навантаження на ґрунтові ресурси, сприяючи збереженню їх структури, органічного складу та мікробіологічної активності. Це робить аквапоніку інструментом раціонального управління природними ресурсами, особливо в умовах деградованих земель, обмеженого доступу до води та зростаючих кліматичних викликів, таких як тривалі посухи, аномальні температури та нерівномірні опади.

У цілому, аквапоніка виступає прикладом інтегрованого підходу до сталого розвитку аграрного виробництва, поєднуючи екологічну безпеку, економічну ефективність та технологічну інноваційність. Її впровадження сприяє зменшенню тиску на ґрунтові екосистеми та створює передумови для довгострокового збереження природних ресурсів у сільському господарстві.

Список джерел:

1. Гавриленко О.П., Шищенко П.Г. Геоєкологічні проблеми України: підручник. Київ : ПВТП «LAT&K», 2022. 379 с

2. Стойко Н. Екосистемний підхід до вирішення проблеми ерозії ґрунтів в Україні. *Аграрна економіка*. 2020. Т. 13, № 1–2. С. 29–38.

3. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти / за ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, Б.С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.

4. Анжела Гаврилюк. Ерозія ґрунтів у світі у найближчі 50 років збільшиться до 66%, - дослідження. *AgroTimes*. URL: <https://agrotimes.ua/agromarket/eroziya-gruntiv-u-sviti-u-najblyzhchi-50-rokiv-zbilshytsya-do-66-doslidzhennya/> (дата звернення: 21.11.2025)

5. Лоріна Федорова. Як війна знищує українські ґрунти, що формувалися тисячі років. *Екодія*. URL: https://ecoaction.org.ua/iak-vijna-znyshchuie-ukrainskigrunty.html?gad_source=1&gad_campaignid=15336029226&gbraid=0AAAAACVVR_NSqPpkh7Skw3QlsdQaesCYZ&gclid=Cj0KCQiAoZDJBhC0ARIsAERPF_rQzZjTlNlnXkkA_MYurkdQbBqx8qAo5zuei7LN81L0Yp1vSRKMkEaAkIJEALw_wcB
(дата звернення: 21.11.2025)

6. Goddek S., Delaide B., Mankasingh U., Ragnarsdottir K., Jijakli H., Thorarinsdottir R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability*. 2015. 7(4). 4199–4224.

7. Tokunaga K., Tamaru C., Ako H., Leung P.S. Economics of small-scale commercial aquaponics in Hawaii. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2015. 46(1). 20–32.

ВПЛИВ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ВМІСТ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ У ГРУНТІ ПІД ПОСІВАМИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО В СИСТЕМІ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Мельник А.М.,

аспірант

Заєць С.О.,

доктор сільськогосподарських наук, професор

завідувач відділу кліматично орієнтованих агротехнологій

Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України,

м. Одеса, Україна

Куліджанов Е.В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

директор Одеської філії ДУ «Держгрунтохорона»,

м. Одеса, Україна

Оптимальне живлення рослин є визначальною передумовою формування високої продуктивності будь-якої сільськогосподарської культури. Упродовж онтогенезу льон олійний характеризується інтенсивним поглинанням макро- та мікроелементів, зокрема азоту, фосфору, калію, кальцію та інших есенціальних поживних речовин [1, 2]. Нестача будь-якого з цих елементів спричиняє уповільнення ростових процесів, порушення морфогенезу, зниження продуктивності та погіршення посівних і технологічних якостей насіння. Відтак підтримання оптимального поживного режиму ґрунту є необхідною умовою забезпечення повноцінного функціонування рослин і реалізації їхнього продуктивного потенціалу.

В умовах органічного землеробства використання мінеральних добрив не передбачене, що зумовлює необхідність залучення альтернативних джерел елементів живлення. Одним із таких джерел є мікробіологічні препарати, здатні активізувати ґрунтову мікрофлору, мобілізувати важкодоступні форми поживних речовин і забезпечувати поліпшення трофічного режиму рослин без порушення екологічної рівноваги [3].

За органічної технології вирощування, зокрема льону олійного в умовах Півдня України, питання формування поживного режиму ґрунту залишається недостатньо вивченим. Органічні системи характеризуються специфічною динамікою надходження та трансформації поживних речовин: частина НРК постачається за рахунок мінералізації органічної речовини, частина — завдяки біологічним механізмам, тоді як доступність елементів живлення може бути обмеженою у критичні періоди розвитку культури.

Польові дослідження виконувалися відповідно до загальновизнаних методик та рекомендацій упродовж 2023–2024 рр. в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН у межах органічної сівозміни. Попередником льону олійного була пшениця тверда озима. За винятком досліджуваних факторів, усі інші елементи технології вирощування відповідали

загальноприйнятим вимогам органічного землеробства півдня України.

Сівбу насіння сортів Орфей і Живинка (харчового напрямку) здійснювали селекційною сівалкою точного висіву «Клен-1,5» з шириною міжрядь 15 см і глибиною загортання 3–5 см: у 2023 р. — 30 березня, у 2024 і 2025 рр. — 4 і 1 квітня. Норма висіву становила 5 млн шт./га.

У дослідженнях використовували різні штами бульбочкових та ендоефітних бактерій із колекції культур відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, зокрема: *Bacillus sp.* 4; Фітовіт (*S. netropsis* IMB Ас-5025); Аверком^H (*Streptomyces avermitilis* IMB Ас-5015 + хітоза); Екофосфорин (*Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, *Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus megaterium*).

Також застосовували біологічні препарати Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН:

- Біоспектр БТ — ризосферні бактерії роду *Pseudomonas* з титром не нижче $5,0 \cdot 10^9$ КУО/см³, що продукують феназин-карбонові кислоти та комплекс біологічно активних пігментів, які є основними компонентами препарату;
- Метаризин БТ — конідії грибів роду *Metarhizium* з титром не нижче $2,0 \cdot 10^9$ КУО/см³

Результати проведених досліджень засвідчили, що в період появи сходів у контрольному варіанті вміст нітратного азоту в орному шарі ґрунту (0–20 см) становив у середньому 5,55–11,22 мг/кг, що є недостатнім для забезпечення інтенсивного росту та повноцінного розвитку рослин льону олійного. Водночас концентрації рухомих форм фосфору та калію залишалися на високому рівні — відповідно 80,66–90,66 та 338–360 мг/кг ґрунту, що свідчить про достатній рівень забезпечення рослин цими елементами навіть за умов відсутності їхнього додаткового внесення (табл. 1).

За умов традиційної технології вирощування льону олійного внесення азотних добрив сприяло підвищенню вмісту рухомих форм азоту в ґрунті та поліпшенню азотного живлення рослин порівняно з неудобреним (контрольним) варіантом. Зокрема, у фазі «сходів» у сортів Орфей і Живинка в орному шарі ґрунту (0–20 см) вміст нітратного азоту в контролі становив 5,55 мг/кг, тоді як у разі внесення азоту в дозі N₃₀ він підвищувався до 11,22 мг/кг, тобто майже удвічі. Підвищені концентрації нітратів у варіантах із внесенням добрив зберігалися як у верхньому (0–20 см), так і в нижньому (20–40 см) шарах ґрунту протягом усього періоду вегетації.

Відмінності у формуванні поживного режиму між контрольним варіантом та варіантами із застосуванням мікробіологічних препаратів також були виразними протягом усієї вегетації, особливо у верхньому (0–20 см) шарі ґрунту, що свідчить про позитивний вплив цих препаратів на мобілізацію елементів живлення.

Вміст NO₃-N у ґрунті під посівами льону олійного залежно від сорту та мікробіологічних препаратів, мг/кг ґрунту (середнє за 2023-2025 рр.)

Сорт (А)	Назва варіанту (В)	Шар ґрунту, см	Період визначення				
			сходи	ялинка	бутонізація	дозрівання	
NO ₃ -N							
Орфей	Контроль (обробка насіння водою)	0-20	5,55	3,44	2,71	2,15	
		20-40	4,72	2,82	1,63	1,31	
	Обробка насіння препаратами Bacillus sp.4 (1,0 л/т)+ Фітовіт (0,05 л/т)+ АверкомН (0,1 л/т)	0-20	5,55	3,45	3,09	3,11	
		20-40	4,72	2,81	1,86	1,18	
	Обробки насіння Bacillus sp.4 (1,0 л/т) +Фітовіт (0,05 л/т)+ АверкомН (0,1 л/т)+ВВСН-19 Bacillus sp.4 (1,0 л/га) + Фітовіт (0,1 л/га)+ АверкомН (0,1 л/га)+ВВСН-60 Bacillus sp.4 (1,0 л/га)+ Фітовіт (0,1 л/га)+ АверкомН (0,1 л/га)	0-20	5,55	3,45	3,19	2,65	
		20-40	4,72	2,81	2,15	1,53	
	Обробка насіння Екофосфорин (1,0 л/т),ВВСН-19 Екофосфорин (1,0 л/га)+Біоспектр БТ (3,0 л/га), ВВСН-60 Біоспектр (3,0 л/га)+ Метаризин (3,0 л/га)	0-20	5,55	3,61	2,87	2,57	
		20-40	4,72	2,82	2,17	1,15	
	N ₃₀	0-20	11,22	4,72	3,52	3,37	
		20-40	4,20	4,32	2,52	2,05	
	Живинка	Контроль (обробка насіння водою)	0-20	5,55	3,27	2,34	1,86
			20-40	4,72	3,02	1,69	1,57
Обробка насіння препаратами Bacillus sp.4 (1,0 л/т)+ Фітовіт (0,05 л/т)+ АверкомН (0,1 л/т)		0-20	5,55	3,33	2,30	2,16	
		20-40	4,72	3,29	1,40	1,27	
Обробки насіння Bacillus sp.4 (1,0 л/т) +Фітовіт (0,05 л/т)+ АверкомН (0,1 л/т)+ВВСН-19 Bacillus sp.4 (1,0 л/га) + Фітовіт (0,1 л/га)+ АверкомН (0,1 л/га)+ВВСН-60 Bacillus sp.4 (1,0 л/га)+ Фітовіт (0,1 л/га)+ АверкомН (0,1 л/га)		0-20	5,55	3,33	3,23	2,74	
		20-40	4,72	3,29	1,99	1,24	
Обробка насіння Екофосфорин (1,0 л/т),ВВСН-19 Екофосфорин (1,0 л/га)+Біоспектр БТ (3,0 л/га), ВВСН-60 Біоспектр (3,0 л/га)+ Метаризин (3,0 л/га)		0-20	5,55	3,20	2,47	2,11	
		20-40	4,72	3,12	1,84	1,15	
N ₃₀		0-20	11,22	4,21	3,42	3,35	
		20-40	4,20	3,26	2,37	1,54	
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$			5,65±0,90	3,38±0,23	2,44±0,28	2,00±0,34	
V.%			34,75	15,17	25,58	37,34	

Дані ґрунтових аналізів, отримані в різні фази розвитку льону олійного, засвідчили, що поживний режим ґрунту є динамічним і зазнає суттєвих коливань упродовж вегетаційного періоду. Найбільш варіабельним виявився азотний режим. Максимальні концентрації нітратного азоту в усіх досліджуваних шарах ґрунту реєструвалися у фазі «сходів», тоді як мінімальні значення характерні для періоду дозрівання насіння, що вказує на інтенсивне поглинання азоту рослинами. Від фази «сходів» до фази «бутонізації» на всіх варіантах досліді спостерігалось істотне зменшення вмісту нітратів, зумовлене активним наростанням біомаси та зростанням потреби рослин у поживних елементах.

У сорту Орфей у контрольному варіанті вміст нітратного азоту в шарах ґрунту 0–20 та 20–40 см зменшився з 5,55 і 4,72 до 2,71 і 1,63 мг/кг, що становить 51,2 та 65,5 % відповідно. У сорту Живинка зниження становило 57,8 та 64,2 %. За застосування мікробних препаратів у цей період зменшення вмісту нітратів коливалося в межах 41,8–58,6 % у шарі 0–20 см та 54,0–70,3 % у шарі 20–40 см. На фоні внесення N₃₀ у сорту Орфей концентрація нітратів знижувалася з 11,22 до 3,52 мг/кг у шарі 0–20 см та з 4,20 до 2,52 мг/кг у шарі 20–40 см (зменшення на 68,6 і 40,0 % відповідно), тоді як у сорту Живинка — на 69,5 і 43,6 %.

У період від фази «бутонізації» до повної стиглості насіння інтенсивність зниження вмісту нітратів зменшувалася, що зумовлено переходом рослин до фази дозрівання. У контрольному варіанті сорти Орфей і Живинка проявляли подібну динаміку: у шарі 0–20 см вміст нітратів знижувався на 20,7 і 20,5 %, а в шарі 20–40 см — на 19,6 і 7,1 % відповідно. Натомість у варіантах із застосуванням мікробіологічних препаратів, зокрема Екофосфोरину (двократне внесення у поєднанні з Біоспектром БТ і Метаризином БТ) та трикратної бакової суміші *Bacillus* sp. 4, Фітовіт і Аверком^Н, подальше зниження вмісту нітратів у шарі 0–40 см було більш інтенсивним, що свідчить про підвищення доступності поживних елементів та активізацію їх мобілізації у ґрунтового середовищі.

У контрольних варіантах вміст нітратного азоту залишався найнижчим упродовж усієї вегетації, що негативно позначалося на рості та розвитку рослин льону олійного.

На відміну від нітратного азоту, вміст рухомих форм фосфору та обмінного калію за всіх варіантів живлення протягом періоду від появи сходів до дозрівання залишався стабільно високим і не демонстрував вираженої динаміки. Лише в окремі фази розвитку спостерігалось незначне підвищення їхніх концентрацій у ґрунті за умов застосування мікробіологічних препаратів, зокрема дворазового внесення Екофосфोरину в поєднанні з Біоспектром БТ і Метаризином БТ, а також триразового внесення бакової суміші *Bacillus* sp. 4, Фітовіт і Аверком^Н. Зазначена тенденція, імовірно, пов'язана насамперед із покращенням азотного живлення рослин під впливом біопрепаратів, що могло опосередковано сприяти активізації ґрунтових процесів і більш ефективному засвоєнню та акумуляції фосфору й калію.

Отже, за умов дворазового внесення Екофосфोरину в поєднанні з Біоспектром БТ і Метаризином БТ, а також триразового застосування бакової суміші *Bacillus* sp. 4, Фітовіту та Аверком^Н спостерігається більш інтенсивне

зниження загального вмісту нітратів у шарі ґрунту 0–40 см, ніж без них. Це свідчить про позитивний вплив зазначених біопрепаратів на підвищення доступності поживних елементів та оптимізацію умов мінерального живлення рослин.

Список джерел:

1. Ляльчук П. П. Порівняльна характеристика сортів льону олійного в умовах Західного Лісостепу України. *Вивчення та охорона сортів рослин*. 2020. 6 (1). С. 55–62. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.1.2020.201350>
2. Полякова І.О. Селекційна оцінка сортових ресурсів льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 27. 79-87. <https://doi.org/10.36710/ioc-2019-27-09>
3. Насіння олійне. Визначення вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета : ДСТУ 7577:2014. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 10 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФЕРТИГАЦІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТІВ

Онопрієнко Д.М.,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
професор кафедри водогосподарської інженерії,

Гапіч Г.В.,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри цивільної інженерії,
технологій будівництва і захисту довкілля,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна

За прогнозами FAO населення Землі до 2050 року досягне більше 9 млрд. людей. Для забезпечення продовольчої безпеки такої кількості людей єдиним шляхом є інтенсифікація рослинництва й землеробства. Однак темпи зростання врожайності основних зернових культур залишаються незначними, а перед аграріями постають такі проблеми як конкуренція за земельні і водні ресурси, зростання цін на енергоресурси і мінеральні добрива, втрата продуктивності та виснаження ґрунтів, наслідки зміни клімату тощо [1].

Зважаючи на складну політичну й економічну ситуацію в Україні, пов'язану з війною, втратою Каховського водосховища та стрімкими кліматичними змінами, зона Степу перебуває під серйозною загрозою деградації. Втрата великих зрошувальних систем, що забезпечували водою значну частину цієї території, разом зі зростаючими температурами повітря створює ризик опустелювання регіону.

Без відновлення зрошувальних систем та адаптації агротехнологій до нових умов, степова зона України може швидко перетворитися на малоприсадатну для життя та господарської діяльності територію [2]. Тому відродження одного з найбільших кластерів зрошуваних земель у Європі (понад 1 млн га проєктної потужності), який функціонував у Степу України та використовував воду з Каховського водосховища – є актуальною і пріоритетною задачею [3]. На думку ряду дослідників [4] інтеграція України до Європейського простору може зробити ЄС найбільшим постачальником агропромислової продукції у світі. Розумні інвестиції у сучасні технології землеробства та кероване ШІ (штучним інтелектом) сільське господарство можуть створити нове майбутнє для України.

У Світі та Україні зрошувані землі відіграють важливе значення в забезпеченні продовольством, тому роль зрошування за умов зростаючих тенденцій до глобального потепління клімату буде постійно підвищуватися [5]. Однією з найбільш розповсюджених сільськогосподарських культур на сьогодні є кукурудза [6]. Мінеральне живлення кукурудзи в умовах зрошення має певні особливості, тому що за поливів ця культура відрізняється від інших тривалішим періодом вегетації, відповідно зростає й споживання кількості елементів живлення [7].

Ефективне поєднання удобрення і поливів є одним із найважливіших факторів інтенсифікації виробництва зерна кукурудзи в регіонах з посушливим кліматом. Продуктивність поливних земель залежить від родючості ґрунту і агротехнології, а добрива в ній займають в середньому до 70% можливої прибавки врожайності [8]. Для збільшення продукції з 1 гектара зрошуваних земель та зниження витрат на її отримання необхідно своєчасно забезпечити рослини елементами живлення, створити сприятливий водний і повітряний режими в ґрунті. Водночас, в сучасних умовах аграрного виробництва особливу увагу приділяють збереженню родючості ґрунту, тому добрий екологічний стан зрошуваних земель є необхідною передумовою їх ефективного використання, розробки та впровадження заходів, спрямованих на його поліпшення, залишаються в пріоритеті [9]. Правильно використовуючи добрива, можна забезпечити збалансоване живлення рослин, не допустити дефіциту або надлишку елементів живлення, досягти не тільки високої продуктивності, але й поліпшення якісних показників урожаю.

Нерівномірне внесення (суцільне розкидання або рядкове), особливо надмірної кількості добрив, призводить до нераціонального їх використання, негативних наслідків не тільки для рослин, але і для ґрунту (надлишок поживних речовин в одних і відсутність в інших місцях, нітратне забруднення тощо), які часто не вдається виправити. Застосування важких і потужних машинно-тракторних агрегатів для поверхневого внесення добрив викликає переущільнення верхніх шарів ґрунту, погіршує його фізичні властивості, знижує врожайність і збільшує затрати на обробіток ґрунту.

Мінеральні добрива є потенційними забруднювачами навколишнього природного середовища, чим порушують баланс екосистем. При традиційному поверхневому внесенні мінеральних добрив (так зване «сухе внесення»), особливо на поливних землях, значна частина поживних речовин втрачається, спричиняючи негативний вплив на довкілля. Сполуки азоту трансформуються в газоподібні форми (аміак або оксиди азоту) чим сприяють утворенню і потраплянню парникових газів в атмосферу, нітрати є рухливими у ґрунті та вимиваються у ґрунтові води, а разом із поверхневим стоком до поверхневих водойм переноситься фосфор, аміак, нітрати та інші хімічні сполуки. Такий негативний вплив непродуктивних втрат мінеральних добрив разом з мінералізованою поливною водою прискорює процеси засолення зрошуваних земель, що порушує екологічну рівновагу природного навколишнього середовища [10].

Саме з цих причин одним із способів інтенсифікації зрошуваного землеробства, за якого дотримуються вимог з ефективного використання мінеральних добрив, збереження екологічного стану ґрунтів та зниження витрат ресурсів, є багатоцільове використання поливної техніки, тобто використання суміщеного способу внесення мінеральних добрив разом з поливною водою – фертигація [8]. Внесення добрив разом із поливною водою є сучасною та ефективною агротехнічною практикою, що дозволяє оптимізувати забезпечення рослин вологою і поживними речовинами протягом усього вегетаційного

періоду. Цей спосіб докорінно вирішує проблему розподілу добрив у активному шарі ґрунту, досягаючи рівня рівномірності, характерного для поливної води і на практиці підтверджує чотири ключових принципи (4R): правильне джерело, правильна кількість, правильний час і правильне місце [11].

Створення зрошувальних систем з багатофункціональним використанням водопровідної мережі і поливної техніки дозволяє суттєво поліпшити технологію зрошуваного землеробства за рахунок одночасного внесення з водою мінеральних добрив та інших агрохімікатів, що призводить до впровадження енергозощадливих технологій, в яких значно зменшуються затрати енергії і часу, ніж при роздільному проведенні технологічних операцій, адже поливна вода є транспортуючим засобом.

У світовій практиці існують так звані правила, що необхідно враховувати при фертигації, а саме: біологічні особливості рослин, стадії їх росту і розвитку, антагонізм і синергізм між рослинами, фізичні властивості ґрунтів, якість поливної води, сумісність різних добрив між собою і розчинність у воді. Іншими словами, рослинам подають необхідну кількість поживних речовин і води у відповідності з їх потребами.

При розробці варіантів проведення фертигації необхідно враховувати швидкість, час транспортування різних поживних речовин, технологію проведення й техніку поливів, рівномірність розподілу води, фактичний вміст поживних речовин в ґрунті. Існує багато пропозицій відносно розробки варіантів фертигації (так званих «протоколів»), але недостатньо експериментальних даних або доказів, що базуються на механізмах відносно оптимальних схем внесення добрив в системах фертигації. Найбільш поширеними в практиці проведення фертигації є три варіанти. Перший з них передбачає використання допоміжних підживлень рослин в якості доповнення до вже наявного запасу поживних речовин в ґрунті за рахунок основного внесення добрив. Другий – враховує те, що частину поживних елементів вносили на початку росту і розвитку рослин традиційним поверхневим способом (суцільним або рядковим), а основну частину поживних речовин вносили у вигляді розчинів з поливною водою протягом вегетаційного періоду. Третій – передбачає внесення усієї розрахункової дози поживних речовин з поливною водою протягом всього вегетаційного періоду. Після проведення удобрювальних поливів обов'язково потрібно промивати систему чистою водою протягом 10-15 хвилин.

Добрива з водою для зрошування можна вносити в допосівний період при вологозарядкових поливах, а в роки з посушливою весною – при провокуючих сходи рослин поливах. Однак основою удобрювального зрошування є вегетаційні поливи, під час проведення яких прагнуть до повного забезпечення потреб рослин як у воді, так і в елементах живлення. Кращих результатів досягають тоді, коли строки проведення фертигації співпадають з періодами максимальної потреби рослин кукурудзи. Для ефективного проведення фертигації необхідно будувати суміщені графіки поливів і внесення добрив, за якими визначають строки і дози внесення поживних речовин, поливну норму, а

також потребу в кількості мінеральних добрив для приготування удобрювальних розчинів різної концентрації з урахуванням наявної техніки поливу.

Враховуючи результати наукових досліджень і численні прогнози кліматологів можна зробити висновок, що фактором, який дозволяє певною мірою пом'якшити несприятливі кліматичні зміни, є широке впровадження систем зрошування, зокрема крапельного. В Україні на сьогодні площа поливу крапельним способом становить близько 40–45 тис. га і має тенденцію до збільшення через суттєве удорожчання води з кожним роком. Конкуренція у виробництві зерна і технічних культур загострюється, тим самим спонукає виробників сільськогосподарської продукції України активно боротися за реалізацію максимального потенціалу урожайності культур, а крапельне зрошування (при його розумному застосуванні) є важливим інструментом розкриття цього потенціалу.

Вносити агрохімікати разом з поливною водою можна і дощуванням, використовуючи для цього сучасну поливну техніку і обладнання. При внесенні мінеральних добрив разом з поливною водою з використанням широкозахватних дощувальних машин необхідно враховувати інтенсивність поливу і водопроникність ґрунту, тому що від цього залежить величина поливної норми. Фертигація значно підвищує ефективність внесення мінеральних добрив. Правильно призначена поливна норма забезпечує якісне зволоження розрахункового шару ґрунту, відсутність поверхневого стоку та втрат води на інфільтрацію і забруднення поверхневих й підземних вод.

В Україні, навіть до початку війни у 2022 році, питання багатоцільового використання дощувальних машин, зокрема для фертигації, не отримувало належної уваги. Це відбувалося попри науково обґрунтовану ефективність цього методу в сучасному землеробстві. Нажаль, але бойові дії внаслідок російсько-української війни призвели до втрати понад третини прісноводних запасів України та основного джерела водопостачання і зрошування південно-східних (зона Степу) регіонів країни – Каховського водосховища [3, 9].

Ми вважаємо, що майбутній розвиток сільського господарства в зоні ризикованого ведення землеробства через посушливий клімат та гострий дефіцит води може бути забезпечений лише з урахуванням передового світового та вітчизняного досвіду, сучасних технологій, методів та способів підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Досягнення цілей сталого розвитку ООН, які стосуються забезпечення продовольчої безпеки та доступу до якісних водних ресурсів, для українських умов сьогодення аграрного виробництва повинні враховувати першочергові чинники збереження родючості та недопущення деградації ґрунтового покриву, раціонального використання водних і земельних ресурсів. Однією із складових досягнення таких цілей є розвиток та широке запровадження фертигації при поливах широкозахватними дощувальними машинами (дощуванням) та крапельним способом зрошування.

Список джерел:

1. Save and Grow. A guide for policymakers to sustainable intensification of smallholder crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 2011. 102 p. URL: <https://www.fao.org/docrep/014/i2215e/i2215e.pdf>
2. Hapich H., Novitskyi R., Onopriienko D., Dubov T. Water on fire: losses and the post-war future of ecosystem services from water resources of Ukraine. *Regional Environmental Change*. 2024. Vol. 24, No154. <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02320-6>
3. Hapich H., Onopriienko D. Ecology and economics of irrigation in the south of Ukraine following destruction of the Kakhov reservoir. *International Journal of Environ. Studies*. 2024. Vol. 81(1). P. 301-314. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314859>
4. Keulertz M., Woertz E., Gilmont M. Europe's Brazil? How Ukraine could transform Europe's role in global food supply. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81(2). P. 169-176. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2313337>
5. Romashchenko M., Faybishenko B., Onopriienko D., Hapich H., Novitskyi R., Dent D., Saidak R., Usatyi S., Roubik H. Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*. 2025. Vol. 50(2). P. 104-120. <https://doi.org/10.1080/02508060.2025.2472718>
6. Erenstein O., Jaleta M., Sonder K., Mottaleb K., Prasanna B. M. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*. 2022. Vol. 14. P. 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
7. Vozhehova R.A., Maliarchuk M.P., Biliaieva I.M., Markovska O.Y., Maliarchuk A.S., Tomnytskyi A.V., Lykhovyd P.V., Kozyrev V.V. The effect of tillage system and fertilization on corn yield and water use efficiency in irrigated conditions of the South of Ukraine. *Biosystems Diversity*. 2019. Vol. 27. P. 125–130. <https://doi.org/10.15421/011917>
8. Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М. Фертигація і гербігація в зрошуваному землеробстві України: монографія. Херсон: Грінь Д.С., 2016. 148 с.
9. Pichura, V., Potravka, L., Vdovenko, N., Biloshkurenko, O., Stratichuk, N., & Baysha, K. Changes in Climate and Bioclimatic Potential in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23(12). P. 189–202. <https://doi.org/10.12911/22998993/154844>
10. Onopriienko D., Makarova T., Hapich H., Chernysh Y, Roubik H. Agroecological Transformation in the Salt Composition of Soil under the Phosphogypsum Influence on Irrigated Lands in Ukraine. *Agriculture*. 2024. Vol. 14(3). No408, <https://doi.org/10.3390/agriculture14030408>
11. Fixen P. E. A brief account of the genesis of 4R nutrient stewardship. *Agronomy Journal*. 2020. Vol. 112(5). P. 4511–4518. <https://doi.org/10.1002/agj2.20315>

ЗАПОБІГАННЯ ДЕГРАДАЦІЇ МЕЛІОРОВАНИХ ҐРУНТІВ НА ОСНОВІ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ ЯК ГАРАНТА ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ КРАЇНИ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ПЕРІОДИ

Рокочинський А.М.,

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри водної інженерії та водних технологій,

Волк П.П.,

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри водної інженерії та водних технологій,

Приходько Н.В.,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри водної інженерії та водних технологій,

Національний університет водного господарства та

природокористування,

м. Рівне, Україна

Деградація ґрунтів, у тому числі і меліорованих з регульованим водним режимом, на сьогодні визнана одним із найбільш серйозних викликів для забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва та країни в цілому, що спричиняє істотні проблеми екологічного і соціально-економічного характеру та ставить під загрозу невід’ємну і стратегічно важливу складову її загальнонаціональної безпеки – продовольчу безпеку, особливо у воєнний та повоєнний періоди.

Деградація ґрунтів це проблема світового масштабу, близько 25% усієї земної поверхні світу становлять деградовані ґрунти. Щороку через деградацію планета втрачає до 24 млрд тонн родючих ґрунтів, якщо така тенденція збережеться й надалі, то вже до 2050 року 95% земної поверхні становитимуть деградовані ґрунти [1].

За оцінками FAO, 33% сільськогосподарських земель України вже зазнали суттєвої деградації, а це на 13% більше, ніж було до повномасштабної війни, решта земель перебувають під загрозою деградації. За останні 130 років українські землі вже втратили близько 30% своїх гумусових запасів, при цьому величина їх сучасної щорічної втрати оцінюється у 65 кг/га [2].

Україна приєдналася до процесу встановлення та реалізації добровільних національних завдань щодо досягнення нейтрального рівня деградації земель. Така робота проводиться у рамках впровадження Цілей Сталого Розвитку та Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням. Зокрема, був затверджений Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням, створена Координаційна рада з питань боротьби з деградацією земель та опустелюванням [3].

Відповідно до наявних потреб, різні аспекти проблеми деградації ґрунтів та збереження їх родючості наразі активно досліджуються науковою спільнотою

[4–6]. При цьому, у сучасних умовах суттєвий вплив на розвиток процесів деградації ґрунтів чинить зниження їх вологозабезпеченості, яке вже активно проявляється фактично на всій території України в умовах зростання посушливості клімату та призводить до фактичного опустелювання значних площ сільськогосподарських угідь нашої країни. Протидія зниженню вологозабезпеченості ґрунтів сільськогосподарських угідь є важливим аспектом досягнення цілей запобігання деградації та опустелювання ґрунтів як в Україні, так і світі в цілому. Тому, питання щодо обґрунтування ефективних шляхів вирішення даної проблеми потребує подальшого дослідження відповідно до сучасних викликів й загроз, насамперед щодо зміни клімату й безпекових питань, зокрема продовольчої безпеки країни у воєнний та повоєнний періоди.

Підвищення вологозабезпеченості меліорованих ґрунтів з регульованим водним режимом, у свою чергу, спирається на ефективне використання та управління водними ресурсами, які при цьому також є важливим економічним ресурсом, що часто і повсюдно використовується у виробничих процесах різних видів господарської діяльності. Отже, вирішення проблеми зниження вологозабезпеченості ґрунтів в умовах зміни клімату повинно бути невід'ємною частиною комплексного розвитку земельних ресурсів для запобігання та скорочення деградації земель [7–9]. У зв'язку з цим, слід проводити комплексну роботу, що сприятиме зменшенню цих негативних процесів і припиненню масштабування її наслідків.

У аграрній практиці традиційно сільськогосподарські гідротехнічні меліорації розглядаються як ефективний інструмент пом'якшення впливу несприятливих погодно-кліматичних умов, а меліоровані ґрунти з регульованим водним режимом – як стратегічний ресурс аграрного виробництва та гарант забезпечення і підтримання продовольчої безпеки.

На сьогодні існує низка відповідних напрацювань щодо визначення загальних підходів та конкретних заходів, направлених на раціональне використання водних ресурсів і запобігання зниженню вологозабезпеченості сільськогосподарських угідь [10–12]. Однак, виходячи зі складності досліджуваного питання, досягнення поставленої мети потребує подальшого вирішення й використання комплексного підходу, який би дав змогу у взаємозв'язку врахувати головні різномірні аспекти адаптації меліорованих ґрунтів з регульованим водним режимом до зміни клімату та зростання посушливості, як необхідної умови запобігання їх деградації.

У зв'язку з цим, на основі загальних рекомендацій та результатів власних досліджень й напрацювань [13–14] нами розроблено і запропоновано комплекс різномірних адаптивних заходів щодо підвищення вологозабезпеченості меліорованих ґрунтів з регульованим водним режимом, зокрема шляхом зниження непродуктивних втрат зрошувальної води, зарегулювання і акумуляції наявних ресурсів (ґрунтової вологи, поливної води та атмосферних опадів) в межах гідромеліоративної системи та в ґрунтовому профілі, направлений на запобігання їх деградації в умовах посилення посушливості через зміну клімату:

– **організаційно-господарські:** удосконалення наявного механізму управління водогосподарськими об'єктами на всіх рівнях, впровадження сучасних принципів управління, в першу чергу, на державному рівні, а також

інструментарію сучасного менеджменту; формування ринкового механізму господарської діяльності у сфері аграрного виробництва на меліорованих землях і поєднання його з державним регулюванням; удосконалення організаційних структур управління галуззю на рівні держави, регіонів, окремих господарських одиниць на принципах інтегрованого управління водними ресурсами; створення організаційно-консультаційних центрів для підвищення обізнаності громадськості та користувачів земельних ресурсів; створення та впровадження систем інформаційного забезпечення для прийняття оптимальних рішень.;

– **агротехнічні:** зміни в сортах і введення сільськогосподарських культур, стійких до біотичних і абіотичних загроз, пов'язаних зі зміною клімату (насамперед температурного і водного режимів); вирощування гібридних культур; вирощування культур більш пізнього дозрівання;

– **агромеліоративні:** удосконалення технологій та засобів обробітку меліорованих ґрунтів, спрямованих на поліпшення їх водно-фізичних властивостей і акумулюючої здатності на основі удосконалення технологій та засобів глибокого суцільного розпушення ґрунту, що дасть змогу ефективно зарегулювати і акумулювати вологу в ґрунтовому профілі в умовах посилення посушливості клімату;

– **гідротехнічні:** обґрунтування комплексу ресурсозберігаючих заходів і засобів для підвищення ефективності використання водних та енергетичних ресурсів при зрошенні; удосконалення технологій та режимів зрошення сільськогосподарських культур; оборотне використання дренажно-скидних вод; удосконалення технологій і режимів водорегулювання на осушуваних землях, переведення їх на регулярне зволоження; удосконалення типів і конструкцій гідромеліоративних систем та їх технічних елементів на основі створення гідроакумулюючих систем з додатковими ємностями для зарегулювання і акумуляції води в їх межах;

– **еколого-економічні:** удосконалення методологічних і методичних аспектів еколого-економічного оцінювання меліоративних проєктів, що дозволить підвищити обґрунтованість прийнятих проєктних рішень з урахуванням особливостей створення та функціонування гідромеліоративних систем як складних природно-технічних еколого-економічних систем.

Таким чином, запропонований комплекс є різностороннім та передбачає реалізацію різнорідних заходів щодо підвищення вологозабезпеченості меліорованих ґрунтів з регульованим водним режимом, направлений на запобігання їх деградації в умовах зростання посушливості через зміну клімату, як стратегічного ресурсу аграрного виробництва та гаранта продовольчої безпеки, особливо у воєнний та повоєнний періоди. Підвищення ефективності використання ґрунтової вологи, атмосферних опадів і поливної (зрошувальної) води за рахунок впровадження розробленого комплексу різнорідних адаптивних заходів та засобів очікується на рівні 12–30% з відповідним приростом продуктивності меліорованих земель на 23–35%.

Список джерел:

1. Деградація ґрунтів чи відновлення їх родючості – який сценарій чекає Україну. *Agroexpert*. URL: <https://agroexpert.ua/21700-2/> (дата звернення: 25.11.2025).
2. Суттєвої деградації вже зазнали близько 33% українських ґрунтів. *AgroTimes*. URL: <https://surl.li/vtrxdk> (дата звернення: 25.11.2025).
3. Про затвердження Національного плану дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням. *Розпорядження Кабінету Міністрів України*; План від 30.03.2016 № 271-р. URL: <https://surl.lt/kbcnfvf> (дата звернення: 25.11.2025).
4. Petrychenko V.F., Lykhochvor V.V., Korniychuk O.V. Substantiation of the causes of soil degradation and desertification in Ukraine. *Feeds and Feed Production*. 2020. № 90. С.10–20.
5. Stokes S. Soil Degradation and Water Scarcity: The Importance of Soil Organic Matter and Reuse of Non-Traditional Water Sources Within Agricultural Systems (Doctoral dissertation, Colorado State University). 2023.
6. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л., Білокінь О. А. Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 6–16.
7. Alnaimy M.A., Elrys A.S. Drivers of Soil Degradation in Arid Regions: Impacts on Physico-Chemical Properties and Nutrient Availability. *Land Degradation & Development*. 2025.
8. MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education: conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2024. Vol. 2. 368 p.
9. Вожегова Р.А., Негіс І.Т., Онуфран Л.І. та ін. Зміна клімату та аридизація Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С.16–20.
10. Diop M., Chirinda N., Beniaich A., et al. Soil and water conservation in Africa: State of play and potential role in tackling soil degradation and building soil health in agricultural lands. *Sustainability*. 2022. 14 (20). 13425.
11. Zuo Z., Qiao L., Zhang R., Chen D., Piao S., et al. Importance of soil moisture conservation in mitigating climate change. *Science Bulletin*. 2024. 69 (9). P. 1332–1341.
12. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Піщаленко М.А. та ін. Агротехнічні заходи по раціональному використанню вологи. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. № 3. С. 80–89.
13. Підвищення ефективності агро меліоративних заходів на основі удосконалення технологій і технічних засобів глибокого меліоративного розпушення мінеральних ґрунтів з регульованим водним режимом відповідно до змінюваних сучасних умов та вимог: науково-методичні рекомендації / за загальною редакцією д.т.н., проф., акад. НААН України В. А. Сташука. Рівне : НУВГП, 2024. 75 с.
14. Stashuk V., Rokochynskiy A., Prykhodko N., Volk P., et al. Reducing of water and energy resources consumption in irrigation based on resource optimisation. *Land Reclamation and Water Management*. 2024. № 1. С. 31–41.
15. Rokochinskiy A., Volk P., Kuzmych L., Koptyuk R., Volk L., et al. Forecast assessment of water regime efficiency and changes in water consumption on drained lands of Western Polissia of Ukraine in a changing climate. *Discov Appl Sci*. 2025. 7 (1).

***Екологобезпечне використання ґрунтових
ресурсів, заходи щодо відновлення ґрунтів
та їх здоров'я***

***Environmentally Safe Use of Soil Resources,
Measures for Soil Restoration
and Health Improvement***

CLIMATE-SMART AGRICULTURE: ENHANCING SOIL HEALTH AND CROP PRODUCTIVITY

Islam R.,
Ph.D., Program Director,
Soil, Water, and Bioenergy Resources
Ohio State University, Columbus, USA

Climate change poses one of the greatest challenges to global food security. Increasingly frequent extreme weather events, freshwater scarcity, droughts, secondary salinization, invasive pests, and shifting agroecosystem boundaries, coupled with conventional agricultural practices, are degrading soil health, reducing crop yields and food quality, and affecting livestock productivity. By 2050, global food demand is expected to double, intensifying reliance on mechanization, reactive agrochemicals, freshwater, and energy inputs. Such intensification threatens the long-term sustainability of agroecosystem services and global food security.

To address these challenges, agriculture must transition to climate-smart agriculture (CSA), an approach that integrates economic viability, environmental sustainability, and social equity. CSA encompasses innovative practices that improve soil health, enhance productivity, increase water and nutrient-use efficiency, and build resilience to climate change, thereby ensuring sustainable food systems for future generations.

Healthy soil forms the foundation of productive and resilient farming systems. Practices such as conservation tillage, crop diversification with cover crops, nano-integrated fertilization, precision chemigation, and the use of soil and plant amendments enhance soil biodiversity, organic matter, and nutrient cycling. These methods improve soil structure and water retention while reducing erosion, nutrient loss, salinity, and evaporation. Moreover, they foster beneficial soil microbiomes essential for sustainable crop production.

Climate-smart approaches also emphasize efficient resource management through precision irrigation, drought-tolerant crop varieties, and integrated pest management. By reducing dependence on reactive agrochemicals, minimizing greenhouse gas emissions, and enhancing carbon sequestration, CSA supports both climate change mitigation and adaptation.

Ukraine presents a compelling case for CSA implementation. With over forty-one million hectares of fertile arable land, agriculture has long been a cornerstone of Ukraine's economy, accounting for approximately 11% of pre-war GDP and employing 17% of the population. The sector, dominated by agribusinesses producing barley, corn, wheat, and sunflower for export, sustained about one-third of Ukrainians before the war.

The ongoing Russian-Ukraine war has severely disrupted Ukraine's agricultural systems, posing significant threats to both national and global food security. Rebuilding this vital sector will require the widespread adoption of CSA practices to restore soil health, increase productivity, lower production costs, and strengthen

farmers' livelihoods amid climate and geopolitical uncertainties. Ensuring that agriculture remains economically viable, environmentally sound, and socially equitable is essential for Ukraine's recovery.

Scaling up CSA across Ukraine will depend on increasing awareness, improving access to technology, and implementing supportive policies. Policymakers, scientists, professionals, and farmers must collaborate to adopt innovative technologies, promote CSA, build local capacity, and foster partnerships aimed at restoring soil health, improving water quality, and enhancing food production. CSA offers a pathway toward a resilient and sustainable food future for Ukraine; one where healthy soil sustains both people and the planet.

COMPLEX RESOURCE-SAVING ADAPTIVE AGRO-BIOTECHNOLOGY – BIOFIELD

Strat A.T.,

Transnistrian State University named after T.G. Shevchenko, Moldova
Head of Peasant-Farmer Enterprise – Strat Alexander (StratAlex), Moldova

Organic agriculture is impossible without abandoning the use of agrochemicals. An alternative to conventional technologies that rely on mineral fertilizers, pesticides, and other agrochemical agents is biotechnology based on biological products derived from microorganisms. The core principle of this biotechnology is the replacement of expensive mineral fertilizers with bioelements, which provide plants with nitrogen, phosphorus, potassium, and other macro- and microelements through symbiotic interaction with beneficial soil rhizosphere microflora.

Field biotechnology involves the use of microbial products: Rizobact of various types (State Reg. No. 298-19-1312-1) – the main element, and Mycobact (State Reg. No. 298-19-679-1) – for the decomposition of plant residues. These products are ecologically certified and have a high level of environmental safety. The cost of production using BIOTECHNOLOGY is reduced by 1.5–2 times, while yields remain stable or even increase. Years of chemicalization and intensive mechanical treatment have turned soil into a mere substrate, no longer a living organism. Reducing chemical loads on soil helps restore natural ecological balance. Biotechnology is a product of advanced technology requiring high agricultural culture and professional expertise. Successful application requires precise adherence to recommendations.

When elements of biotechnology are applied across all fields in a crop rotation, noticeable positive changes are observed in soil fertility, crop yield, and, most importantly, the quality of agricultural products. This is due to the long-term residual effect of the proposed biological measures on cultivated lands.

MYCOBACT – Biotechnology for Plant Residue Transformation into Humus Substances

The value of plant residues cannot be overstated. They naturally protect soil from overheating and moisture loss during drought, contribute to daily nutrient accumulation, and provide a medium for beneficial soil microflora. Plant residues are also the cheapest and most accessible way to replenish soil organic matter.

However, direct incorporation of straw and plant residues into soil can have a depressive effect on subsequent crops. The decomposition products of straw (phenolic compounds, organic acids) significantly suppress soil microflora activity and the growth of subsequent crops. The phytotoxic effect of straw decomposition products manifests as delayed root growth, disrupted metabolism, chlorosis, and ultimately, reduced yield and quality.

Winter wheat straw, left in the field and incorporated into the soil, due to its high fiber and organosilicon content, has a long decomposition period. Its residues can persist in the arable horizon for 3–5 years, contributing to soil desiccation and inefficient nitrogen utilization. Straw is an easily available carbon source for soil

microflora but requires significant nitrogen. Since straw contains little nitrogen, microorganisms immobilize nitrogen from the soil.

To preserve plant residues while accelerating their decomposition and mitigating their depressive effect on yield, careful management is necessary. Within the biotechnology of cultivating all agricultural crops, there is a component that ensures maximum effect – management of plant residues using the MYCOBACT preparation

MYCOBACT is a microbiological fertilizer produced based on a community (consortium) of microscopic fungi of the genus *Penicillium* sp. (strain PBT-2, titer not less than 1×10^3 CFU/mL) and bacteria *Micrococcus* sp. (strain PBT-1, titer not less than 2×10^6 CFU/mL). It is a liquid containing the biomass of these microorganisms and their metabolites formed during cultivation, as well as residues of the nutrient medium, which activates the activity of microorganisms – cellulose- and lignin-degrading and nitrogen-fixing bacteria.

MYCOBACT is recommended to accelerate the humification of naturally derived organic residues, thereby contributing to the enrichment and stability of the ecosystem. MYCOBACT allows blocking the development of pathogenic microorganisms during the initial period of plant vegetation, ensuring their normal physiological development.

The action of MYCOBACT on post-harvest residues (straw of cereal crops, sunflower stalks, corn, etc.) includes: Destruction of the structure of post-harvest residues, ensuring uniform seed placement by the seeder; Increase in the yield of subsequent crops due to additional nutrition and mulch, preventing erosion, moisture loss, and weed growth; Suppression of putrefactive and pathogenic microflora, especially pathogens causing root rot of cereal crops; Increase in humus content in the soil, proliferation of earthworms and other beneficial microorganisms, correction of one-sided nutrient depletion from the soil under monoculture; Savings of nitrogen fertilizers used for straw decomposition (5–10 kg/ton of dry matter under typical technology).

MYCOBACT allows reducing the transition period to No-till, restoring soil microbiocenosis, increasing soil microbiological activity, and promoting the accumulation of organic matter in the soil.

Features of the fertilizer system when using MYCOBACT: For sowing spring crops of the following year: When treating post-harvest residues with MYCOBACT for their decomposition under spring crop sowing, the application of mineral nitrogen fertilizers can be completely excluded. Normally, 10 kg of active nitrogen per 1 ton of solid plant residues is recommended; i.e., using MYCOBACT can replace 90–120 kg of ammonium nitrate when there are 3–4 t/ha of straw in the field; For sowing winter crops of the current year: If decomposition of post-harvest residues needs to be accelerated and fields prepared for winter crops, Lignohumate should be added to MYCOBACT at a dose of 0.5–1.0 L/ha. The technology consists of applying (spraying) MYCOBACT on plant residues (straw and stubble of cereal crops, post-harvest residues of corn, sunflower, sugar beet, and other crops).

This biotechnology does not contradict various forms of soil tillage and can be easily integrated into any of these schemes. The remaining plant roots in the soil

undergo microbial transformation into humic substances, forming vertical air and water channels at the root locations, enriching the topsoil with oxygen and water.

Research conducted at the Federal State Scientific Institution, Krasnodar Research Institute of Agriculture showed that applying MYCOBACT at 2–4 L/ha on 6–10 c/ha of winter wheat straw within one year led to the transformation of straw into humic substances and an increase in the yield of the subsequent cereal crop by 3.5–4.5 c/ha. At the same time, the gluten content in the grain increased by 0.5–1.0%.

Additionally, the application of this biotechnology significantly improved the physical structure of the soil, namely: reduced the content of cloddy and dusty particles, and increased the soil structural coefficient from 2.8 to 3.6.

Doses and method of application: The MYCOBACT application rate for cereal straw mass of 3–4 t/ha is 2 L/ha. For straw mass greater than 4 t/ha and for the decomposition of corn, sunflower, and other tall-stem crops – 3 L/ha; Under traditional and minimal soil tillage, MYCOBACT is applied to chopped post-harvest residues and immediately incorporated to a depth of 5–6 cm; in zero-tillage, incorporation is not required; Optimal working solution rate: 200 L/ha, under drought conditions – up to 300 L/ha.

Preparation and application rates of the working solution. When preparing the working solution, the ratio of water to MYCOBACT is determined depending on the technical characteristics of the sprayer: the consumption of the working solution per unit area and the tank capacity. The amount of MYCOBACT required to prepare the working solution depends on the technical characteristics of the sprayer. Working solution consumption, sprayer tank capacity: 2000 L, 3000 L, 4000 L, 5000 L; for 200 L/ha – 20 L, 30 L, 40 L, 50 L; for 300 L/ha.

RHIZOBACT is a liquid microbiological fertilizer (concentrate, titer not less than 5×10^9 CFU/mL) based on nodule, rhizospheric, and phyllospheric strains of various species of bacteria: *Rhizobium* sp. (strain PBT-6), *Corynebacterium* sp. (strain PBT-7), *Enterobacter* sp. (strain PBT-3), and others. Rhizobact activates the supply of plants with biological nitrogen, phosphorus, potassium, and microelements. It prevents lodging, increases resistance to moisture deficiency, frost, and overwintering. It protects against pathogens, root rot, snow mold, and a number of other diseases. Today, it is the only product that suppresses the development of bacteriosis by 40–60%.

Mechanism of action. It is based on the ability of symbiotic bacteria to fix atmospheric nitrogen, transform (through the synthesis of organic acids) total forms of phosphorus, potassium, and other macro- and microelements in the soil into mobile, plant-available compounds, and to produce natural antibiotics and growth stimulators in exchange for carbohydrates released by the plant.

Effectiveness. It is determined by the evolutionary ability of symbiotic bacteria to colonize the root zone (rhizosphere), the surface and intercellular spaces within the roots, forming visible “hairs” from fine root filaments. Symbiotic bacteria are also capable of inhabiting the surface of the plants themselves (leaves, stems), penetrating through plant stomata into the phloem, and colonizing intercellular spaces.

When applied to wheat, the microbiological preparation Rhizobact ensures fixation of 50–80 kg/ha of molecular nitrogen per season. This is equivalent to 150–

300 kg/ha of ammonium nitrate, which contains 34% nitrogen in the active substance. Nitrogen-fixing bacteria retain 40–160 kg of nitrogen in the active substance. Transformation of total potassium and phosphorus into forms available to plants reaches 20–30 kg/ha in the active substance, and the transformation of nitrogen, phosphorus, and potassium from solid plant residues by bacteria and fungi ranges from 50 to 100 kg in the active substance.

In practice, the use of Rhizobact can replace 300–500 kg/ha of ammonium nitrate, since during storage of fertilizers, and especially during their application to the soil, 30% of nitrogen volatilizes in gaseous form, and 15–20% is assimilated by soil microflora and weeds.

Rhizobact provides:

- Plant nutrition with available forms of nitrogen, phosphorus, and potassium through the action of rhizospheric and endomycorrhizal symbiosis of microorganisms and plants.
- Biocontrol of plant diseases through spatial displacement of pathogens and the release of natural antibiotics.
- Suppression of bacterioses by 40–60% through spatial displacement of pathogens and reduction of their development base.
- Regulation of plant growth and development depending on external conditions through the production and transformation of ethylene in the soil by bacteria, as well as the release of biologically active substances.
- Supply of the soil with liquid organic carbohydrates (enhancing soil fertility) due to root exudates of the rhizospheric endomycorrhizal symbiosis.

Rhizobact contributes to:

- Activation of plant supply with biological nitrogen.
- Prevention of lodging.
- Increase in leaf area.
- Enhancement of productive branching, bushiness, and total vegetative mass.
- Activation of plant supply with phosphorus, potassium, and microelements.
- Increased resistance to moisture deficiency, frost, and overwintering.
- Increase in gluten content, protein, oil content, sugar content, and protein content.
- Protection against pathogens causing root rot, snow mold, and other diseases.

The application of Rhizobact allows activation of symbiotic plant-microbial interactions and management of them according to the needs of the agricultural producer: increasing yield and product quality while reducing production costs. The main effect of using Rhizobact is that, through activation and utilization of atmospheric nitrogen by rhizospheric microflora, breakdown of poorly available soil compounds of phosphorus, potassium, and microelements into easily accessible forms for plants, and release of natural antibiotics and growth stimulators, balanced nutrition is achieved at each phase of plant development, rather than in separate parts as in conventional technologies. Rhizobact is universal for any agro-climatic and soil characteristics of all

regions. The main condition is the possibility of cultivating the main crop species and the presence of agricultural technology aimed at creating favorable conditions for symbiotic interaction between plants and microorganisms.

CEREAL GRAINS, SPRING AND WINTER CROPS

Method, time of treatment, working solution application rate, application rate, frequency of treatments

1. Pre-sowing seed treatment. Working solution consumption 10 L/t at standard seed moisture 8–10% – 15–20 L/t. From treatment to sowing – no more than 24 h.

2. Spraying crops at the end of the tillering phase – beginning of stem elongation.

3. Spraying crops at the “flag leaf” stage with the purpose of increasing gluten and preventing fungal diseases. Working solution consumption 200–400 L/ha. Time of treatment – dark hours, cloudy or rainy weather.

0.2–0.4 L/t, 0.1 L/ha, 0.04–0.06 L/ha 1, 1, 1 R

Balanced phase-specific nutrition through biological sources: fixation of nitrogen from the air, conversion into available gross forms of P, K and other macro- and microelements. Replaces a total of 350–500 kg/ha of fertilizers (physical weight) of mineral nitrogen and complex fertilizers applied as main dressing and top dressing (for barley – 200–250 kg/ha).

The effect is visually expressed as acceleration of uniform seedling emergence by 2–3 days, increase in productive tillering by 2–3 stems, formation of a developed root system with “hairiness” on the roots, increase in coleoptile thickness by 2–3 mm, formation of strong stems, which reduces lodging of crops.

Prevents overgrowth of winter crops during prolonged autumn or early sowings. Improves their winter survival in cases of: insufficient soil moisture in autumn, formation of ice crust, return frosts in early spring.

Biocontrol of root rots (including bacterial or bacterioses), septoria, fusarium, snow mold, rust, black chaff, black embryo, and other diseases.

Provides 3–5 t/ha of organic matter to the soil in the form of liquid root exudates of plants, which are assimilated by subsequent crops.

Rhizobact fully replaces chemical seed treatments (fungicides), except in cases of seed infection by smut spores. Seeds treated with fungicides against smut and other diseases can be treated with Rhizobact after 3–5 days. With a shorter interval, the Rhizobact dose should be increased by 0.5–1.0 L/t.

Rhizobact is fully compatible with other live microorganism biopreparations (including spore forms), humates, microelements, biostimulants; partially compatible (for 3–5 hours) in tank mixtures with fungicides, insecticides; not compatible with mineral fertilizers, herbicides, bactericides (including biological), and microbiological fertilizers or preparations based on microbial metabolic products.

The use of Rhizobact together with herbicides in a tank mixture is prohibited.

Application sequence: Treatment of crops with Rhizobact follows herbicide application with an interval equal to the effect of the pesticide on weeds plus one day (see pesticide manufacturer recommendations).

ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ГУМУСОВОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Алексєєнко А.В.,

здобувач PhD,

Сидорук К.В.,

здобувач PhD,

Адобовська М.В.,

доцент кафедри географії України, ґрунтознавства і земельного кадастру

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,

м. Одеса, Україна

Сьогодні аграрні угіддя України зазнають суттєвих антропогенних навантажень, часто деструктивної деградаційної природи, що спричинено комплексом факторів впливу – від традиційного інтенсивного землеробства до сучасних наслідків, спричинених воєнними діями. Надмірна експлуатація ресурсів виснажила родючий шар: фактичний вміст гумусу в чорноземах знизився до близьких до критичного рівня значень.

Критерії оцінки гумусового стану ґрунтів взагалі і Північно-Західного Причорномор'я зокрема, достатньо суб'єктивні в залежності від мети такого оцінювання. Родючість ґрунту виступає як безпосереднім, найбільш показовим, так і комплексним критерієм, що інтегрує результати взаємодії ключових чинників ґрунтоутворення та дозволяє оцінити його агроекологічний стан. Визначальним параметром при характеристиці ґрунтів є наявність та якість органічної речовини. Саме кількість та якісний склад гумусу визначають фізико-хімічні властивості ґрунту, режим його вологозабезпечення, а отже і передумови живлення сільськогосподарських культур.

Науково доведено пряму кореляцію між запасами гумусу та агрофізичними показниками: структурністю, теплопровідністю та водоутримуючою здатністю ґрунтів. Ґрунти, збагачені органікою, характеризуються кращою фізичною стиглістю навесні, що дозволяє раніше розпочинати польові роботи та зменшує енерговитрати на механічний обробіток. Підвищення вмісту органічної речовини сприяє оптимізації рівноважної щільності ґрунту, створюючи передумови для впровадження мінімальних технологій обробітку [4,8].

Крім того, гумус відіграє буферну роль, пом'якшуючи негативний вплив ґрунтової кислотності та регулюючи доступність елементів живлення для рослин. Органічні сполуки є каталізатором еколого-економічної ефективності використання мінеральних добрив, нівелюючи побічні ефекти агрохімікатів та нейтралізуючи шкідливі домішки. На жаль, домінування інтенсивних методів землеробства в Україні протягом останніх десятиліть спровокувало тенденцію до зниження гумусованості ґрунтів.

Ключовими індикаторами гумусового стану виступають: загальний вміст органічної речовини (гумусу зокрема), її запаси, збагаченість азотом (C : N),

насиченість кальцієм та тип гумусу (Сгк : Сфк). Ці параметри є базовими об'єктами екологічного моніторингу довкілля та оцінки стану ґрунтів.

В умовах сучасних кліматичних змін, які проявляються у зростанні температур, частоті посух, зменшенні вологозабезпечення, а отже - прояву аридизації, гумусовий стан ґрунтів Північно-Західного Причорномор'я зазнає суттєвих трансформацій. Особливо чутливими до цих змін є ґрунти басейнів малих і середніх річок та причорноморських лиманів в межах досліджуваної території.

В даному дослідженні оцінка гумусового стану ґрунтів Північно-Західного Причорномор'я розглядається на прикладі двох ареалів: в басейні річки Великий Куяльник і Куяльницького лиману та лиману-озера Сасик, води якого тривалий час використовувались Дунай-Дністровською зрошувальною системою.

Оцінка гумусового стану ґрунтів басейну річки Великий Куяльник здійснюється з позицій басейнового підходу, який передбачає аналіз чинників і властивостей ґрунтів від верхів'я річки до її нижньої течії та частини Куяльницького лиману. Дослідження проводяться протягом тривалого періоду – з 2014 року й дотепер, що дає змогу простежити сучасні тенденції трансформації органічної речовини ґрунтів у межах усього басейну. Водночас, в межах Дунай-Дністровської ЗС дослідження проводилися на стаціонарних ділянках: ДСС-2 (зрошувана водами оз. Сасик у минулому, в останні 30 років зрошення припинено) та ДСС-2Б (богарний аналог). За результатами профільно-морфолого-генетичних та ґрунтово-екологічних досліджень в межах ключових ділянок спостережень визначались уміст гумусу та потужність гумусованої частини профілю досліджуваних чорноземів. Опис ґрунтів, відбір зразків та подальші лабораторно-аналітичні визначення здійснювався за стандартизованими методиками.

Загально визнано, що гумусовий стан ґрунтів формується під впливом комплексу природних і антропогенних чинників, серед яких провідну роль відіграють кліматичні умови та характер землекористування. Нині для Північно-Західного Причорномор'я характерними є посилення аридності клімату, зростання дефіциту атмосферної (зокрема продуктивної) вологи та підвищення температури повітря, що безпосередньо впливає на інтенсивність процесів гуміфікації і мінералізації органічної речовини ґрунтів [3].

Загалом в межах басейну р. Великий Куяльгник та Куяльницького лиману зафіксована закономірність зменшення кількості гумусу та потужності гумусового профілю з північного заходу на південний схід, що підтверджено типовими та видовими класифікаційними таксонами.

Для типових і південних чорноземів басейну р. Великий Куяльник характерні модальні зональні значення умісту гумусу та потужності гумусованої частини профілю з чіткою закономірністю прямого зв'язку з геоморфолого-гіпсометричними характеристиками місцевості.

Нинішня інтенсифікація процесів мінералізації гумусу призводить до поступового зменшення вмісту гумусу та його запасів, насамперед у орному шарі ґрунтів. Ці зміни найвиразніше проявляються у середній і нижній частинах

басейну, де кліматичні чинники поєднуються з високим рівнем агрогенного навантаження. Подібні закономірності раніше були зафіксовані й для ґрунтів прилеглої до Куяльницького лиману території [2-3].

У верхів'ї басейну річки Великий Куяльник ґрунти характеризуються відносно кращою збереженістю гумусового профілю та вищими показниками вмісту гумусу, що зумовлено більш сприятливими умовами зволоження та меншою інтенсивністю антропогенного впливу. У середній течії річки спостерігається зменшення гумусованості ґрунтів і скорочення потужності гумусового шару, що є наслідком, на нашу думку, аридизації та досить тривалого сільськогосподарського використання земель без дотримання науково-обґрунтованих агротехнологій [3].

Найбільш несприятливий гумусовий стан властивий ґрунтам нижньої течії річки та територіям, прилеглим до Куяльницького лиману. Тут фіксується найменший вміст гумусу, зниження його запасів у профілі та підвищена чутливість ґрунтів до деградаційних процесів, що було детально охарактеризовано у матеріалах комплексних досліджень басейну лиману [1-3], а також наведено у таблиці.

Таблиця.

Деякі показники гумусного стану досліджуваних чорноземів

Назва розрізу, місцезонашування, угіддя	Горизонт	Глибина, см	Гумус, %	Класифікаційна назва
1	2	3	4	5
АН-1-24 (верхів'я басейну р. Вел. Куяльник, с. Андріївка Подільського району), вододільне плато, рілля	Н орн.	0 - 30	5,55	Чорнозем типовий потужний середньогумусований важкосуглинковий на лесоподібному суглинку
	Н п/орн.	30-55	5,49	
	Нр(к)	55-70	4,43	
	НРк	70-84	3,28	
	Phk	84-129	1,67	
АН-3-24 (там же), середня частина схилу, рілля	Н орн.	0 - 18	2,82	Чорнозем типовий середньородовий (середньозмитий) глинистий на бурих глинах балтської свити
	Н п/орн.	18-35	2,70	
	РН	34-45	2,09	
	Phk	45-65	1,49	
АН-4-24 (верхів'я басейну р. Вел. Куяльник, с. Мала Олександрівка Подільського району), вододільне плато, рілля	Н орн.	0-17	5,55	Чорнозем типовий середньопотужний середньогумусований важкосуглинковий на лесоподібному суглинку
	Н п/орн.	17-32	5,49	
	Нр	32-60	4,43	
	НРк	60-71	3,28	
	Phk	71-130	1,67	
АН-5-24 (там же), середня частина схилу, рілля	Н орн.	0-21	5,98	Чорнозем типовий слабкоеродований (слабкозмитий) важкосуглинковий на лесоподібному суглинку
	Н п/орн.	21-27	4,96	
	РНк	27-42	3,30	
	Phk	42-85	1,20	

1	2	3	4	5
КУ-1-1 (Нижня частина басейну Куяльницького лиману, с.Іллінка Одеського району), привододільний схил, рілля	Н орн.	0-20	2,92	Чорнозем південний (залишково- солонцюватий) середньопотужний слабкогумусований середньосуглинковий муловато- крупнопилуватий на лесоподібних суглинках, підстеленими понтичними пісками
	Н п/орн.	30-40	2,55	
	Нр	52-62	1,65	
	РН	70-80	1,16	
	Phk	100-110	0,37	
КУ-1-3 (там же), нижня третина схилу, переліг	Н	10-20	3,35	Чорнозем південний слабкоеродований слабкоксероморфний важкосуглинковий на щільних глинах
	Нр	30-40	2,02	
	Ph	52-62	-	
	Р	90-100	-	
КУ-3-1 (там же, с.Кубанка Одеського району), вододільне плато, рілля	Н орн.	0-25	3,08	Чорнозем південний неглибокий малогумусний важкосуглинковий на лесоподібних суглинках, підстелених засоленими глинами
	Н п/орн.	38-48	2,44	
	Нр	40-50	1,43	
	Ph	62-72	0,80	
КУ-2-2 (там же), середня третина схилу, переліг	Н старорн.	0-22	3,03	Чорнозем південний (залишково- солонцюватий) слабоеродований на щільних глинах
	Н п/старорн.	25-35	2,76	
	РН	40-50	1,59	
	Ph	57-67	0,80	
ДСС-2 (ДДЗС, с. Трапівка, Білгород- Дністровський район), вододільне плато, рілля	Н ор	0-26	3,07	Чорнозем південний середньопотужний малогумусний важкосуглинковий на лесоподібних суглинках
	Н п/ор	26-38	2,43	
	Нр	38-59	2,20	
	РН	59-67	1,89	
	Phk	67-115	1,11	
ДСС-2Б (там же), вододільне плато, рілля	Рк	115-135	0,49	Чорнозем південний неглибокий малогумусний важкосуглинковий на лесоподібних суглинках
	Н ор	0-29	3,41	
	Н п/ор	29-40	2,82	
	Нр	40-63	2,37	
	Ph(k)	63-73	1,3	
	Phk	73-125	1,07	
Р	125-155	0,55		

- Не визначалось

Узагальнення багаторічних даних по чорноземах південних Дунай-Дністровської зрошувальної системи (ДДЗС) дозволяє виділити їх характерні риси: акумулятивний тип розподілу гумусу (максимум у верхньому шарі з поступовим спаданням); низький вміст гумусу (трохи більше 3,0 %) і укорочений

гумусований профіль - зазвичай 60-70 см (табл.1).

Багаторічний моніторинг (ведеться з 90-х років минулого сторіччя) підтверджує, що іригація трансформує процеси розкладу рослинних решток, прискорюючи процеси гуміфікації та мінералізації. Додаткове зволоження впливає насамперед на найбільш лабільні компоненти ґрунту, змінюючи умови міграції та акумуляції гумусових речовин. Наукові погляди на цей процес різняться: одні дослідники фіксують зниження гумусу на початкових етапах зрошення, інші – стабілізацію або навіть приріст [6-7].

Ця варіативність пояснюється протиріччям між процесами накопичення та мінералізації гумусу, які залежать від багатьох чинників, серед яких найважливішими є види сівозмін (багаторічні трави сприяють накопиченню гумусу, просапні – зменшенню), систем удобрення та якості поливної води. Проте беззаперечним є факт підвищення лабільності гумусу в умовах зрошення.

На початку моніторингу (у 1994 р.) зрошувані чорноземи мали вищий вміст гумусу (на 0,1-0,3%) порівняно з богарними [5]. Це пояснюється інтенсивнішим розвитком біомаси та кореневої системи рослин (особливо люцерни) в умовах достатнього вологозабезпечення, що сприяло надходженню органіки у ґрунт. Однак у постіригаційний період (який триває останні 30 років) до 2016 року спостерігалася тенденція до дегуміфікації на обох ділянках. Це стало наслідком низької культури землеробства, дефіциту органічних добрив та насичення сівозмін виснажливими культурами, зокрема соняшником. При цьому колишні зрошувані землі все ще зберігали дещо вищі показники умісту гумусу завдяки залишковим ефектам минулого накопичення.

Аналіз даних останніх років (починаючи з 2019 р.) свідчить про зміну тренду дегуміфікації, її поступове призупинення з частковим відновленням умісту гумусу та покращення гумусового стану за рахунок використання сучасних агротехнологій. Вміст гумусу зріс як на богарних, так і на постзрошуваних ділянках [8].

Основною причиною позитивної динаміки є перехід агровиробників на сучасні технології обробітку (зокрема, No-till, Mini-till) та практика мульчування полів пожнивними рештками.

Для закріплення позитивних трендів та подальшого підвищення родючості досліджуваних чорноземів рекомендується оптимізувати сівозміни шляхом введення зернобобових, сидератів та багаторічних трав. Впроваджувати короткоротаційні сівозміни з використанням гороху, сочевиці, нуту, сорго, гірчиці та зайнятих парів, що є актуальним в умовах кліматичних змін та воєнного стану. Категорично заборонити спалювання стерні та рослинних залишків. Дотримуватися принципів мінімального обробітку ґрунту та підтримувати бездефіцитний баланс органічної речовини.

Отже, кліматичні зміни слід розглядати як один із ключових чинників погіршення гумусового стану ґрунтів у межах басейнів річки Великий Куяльник, Куяльницького лиману та озера-лиману Сасик. У поєднанні з антропогенним навантаженням вони зумовлюють прискорення мінералізації органічної речовини та визначають необхідність подальших довгострокових досліджень і

впровадження ґрунтозахисних заходів, спрямованих на збереження органічної речовини ґрунту (зокрема і гумусу).

Підсумовуючи, можна стверджувати, що незважаючи на процеси деградації, сучасний етап еволюції чорноземів регіону характеризується потенціалом до відновлення за умови дотримання екологічнобезпечних агротехнологій в практиці земле- і природокористування.

Список джерел:

1. Адобовська М. В., Буяновський А. О., Задорожній І. В., Тортік М. Й. Стан, охорона та раціональне використання узбережних-схилових територій басейну Куяльницького лиману. *Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 50-річчю Проблемної науково-дослідної лабораторії географії ґрунтів та охорони ґрунтового покриву чорноземної зони (ПНДЛ-4) «Ґрунтознавчо-географічна наука і практика – актуальні проблеми сьогодення»*. Одеса: ОНУ, 2021. С. 17-20.

2. Біланчин Я. М., Буяновський А. О., Тортік М. Й., Жанталай П. І., Адобовська М. В., Кірюшкіна Г. М., Шихалєєва Г. М. Ґрунтово-рослинний компонент природного середовища у проблемі усихання Куяльницького лиману. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2016. Т. 21. Вип.1 (28). С. 56-77.

3. Буяновський А. О., Біланчин Я. М., Тортік М. Й., Жанталай П. І. та ін. Природні умови і сучасний стан ґрунтів басейну Куяльницького лиману. *Фізична географія та геоморфологія*. 2015. Вип. 4 (80), ч. І. С. 96-102.

4. Біланчин Я. М. Сучасні тенденції постмеліоративної еволюції чорноземів масивів зрошення південного заходу України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків: ННЦ «ІА» УААН, 2006. Кн. друга. С. 210-212.

5. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. Київ: Держспоживстандарт України. 2005, 18 с.

6. Жанталай П. І. Проблема гумусу у зрошуваних ґрунтах південного заходу України. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2012. Т. 17. Вип. 2 (15). С. 54-58.

7. Зрошені землі Дунай-Дністровської зрошувальної системи: еволюція, екологія, моніторинг, охорона, родючість / За ред. С. А. Балюка. Харків: Антіква, 2001. 260 с.

8. Звіт з НДР «Оцінка сучасного агроеліоративного стану чорноземів масивів зрошення та обґрунтування заходів щодо його покращення» (заключний). Держбюджетна тема № 473. Одеса: ОНУ, 2012. № держреєстрації 0111U001379. 160 с.

ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ЯК СУЧАСНОГО МЕТОДУ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Лугова Г.А.,

кандидат біологічних наук, доцент
Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна

Шох С.С.,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Білоцерківський національний аграрний університет,
м. Біла Церква, Україна

Одним з ключових напрямів землеробства є використання біологічно активних речовин, які здатні синтезувати мікроорганізми. Саме на основі них виготовляють біологічні препарати. Деякі активні штами мікроорганізмів, які є складовими біопрепаратів, все частіше використовуються у сільському господарстві. Ці сполуки сприятливі для захисту від патогенів, шкідників та хвороб, поліпшення ґрунту, а також не являються генетично небезпечними для людини і не викликають наслідків подібно до дії хімічних засобів захисту. Використання саме такого методу належить до безпечних та не зашкоджує екології [4].

Проведено аналіз літературних джерел, з інформації яких було наведено огляд деяких результатів наукових досліджень вітчизняних і закордонних авторів, щодо закономірностей впливу мікробіологічних організмів на розвиток рослин, а також на процеси які відбуваються в ґрунті.

Таким чином виявили, що важливе місце належить мікробним препаратам на основі симбіотичних азотфіксуючих бактерій, які у симбіозі з бобовими рослинами набувають здатності фіксувати атмосферний азот у доступній рослинам формі [10]. Родина мікроорганізмів (*Rhizobium*), що входять до складу таких препаратів, здатні не тільки покращувати азотне живлення бобових, але й виступати регуляторами росту рослин завдяки здатності синтезувати широкий спектр біологічноактивних речовин – амінокислот, фітогормонів, заліза та ін. [7].

Так в серії дослідів вивчалися закономірності, які впливали на формування мікробної ризосфери зернових на прикладі ярої пшениці при наявності в ґрунті гербіциду прометрину (ПМ). Тим самим у досліді було доведено позитивну дію саме мікроорганізмів паралельно з внесенням гербіциду. Проводився вегетаційний дослід, рослини вирощували на дерново-підзолистому ґрунті. Гербіцид вносили в ґрунт разом з біологічно активною сумішшю, яка включала в себе певний склад мікроорганізмів. Досліди показали, що гербіцид прометрін пригнічував процес фотосинтезу і при цьому понижав продуктивність рослин. Ефект проявлявся через 3 тижні після появи паростків. Але внесення біологічно активної суміші знижувало негативну дію гербіциду на рослини. Також покращувались і інші фізіологічні та біохімічні показники у рослин [1].

В інших експериментах об'єктом дослідження була група мікроорганізмів, а саме вивчали стимулюючу дію моноспорової суспензії штаму *Streptomyces recifensis* var. *lyticus* П-29 на кукурудзі сорту Аквазор. Дослідження проводили з використанням моноспорової суспензії штаму *S. recifensis* var. *lyticus* П-29. Контролювали в динаміці розвиток стрептоміцету в піску, розвиток рослин у піску без стрептоміцету та розвиток рослин із внесеними спорами стрептоміцету під проросле зерно кукурудзи. Було встановлено, що максимальний показник приживаності стрептоміцету штаму П-29 у ризосфері кукурудзи сорту Аквазор складав 40,2%, та виявлено, що внесення моноспорової суспензії штаму П-29 у субстрат у початковій кількості $1,4 \cdot 10^8$ КУО/мл забезпечило збільшення ваги рослини порівняно з контролем. В дослідному зразку у присутності спор стрептоміцету відбулось збільшення довжини коренів рослин кукурудзи в середньому на 33%, а колеоптилю – на 22% [3].

Біологічно активні речовини, які складаються з мікроорганізмів звичайно позитивно впливають на розвиток рослин або навіть можуть нейтралювати негативний вплив деяких хімічних речовин (пестицидів та гербіцидів). Але можна додати, що майже всі ґрунтоутворюючі процеси також нерозривно пов'язані з життєдіяльністю мікроорганізмів. Особливість ґрунтових мікроорганізмів полягає в тому, що вони здатні розкладати складні високомолекулярні сполуки до простих кінцевих продуктів: газів, води та простих мінеральних сполук [9].

У серії досліджень поєднали застосування органічних і мінеральних добрив на дерновопідзолистому ґрунті. Таким чином було встановлено істотний вплив добрив на зміну біологічного стану ґрунту. Загальна кількість мікроорганізмів зростає в 5,5 рази відповідно по відношенню до неудобреного ґрунту. Процес нітрифікації, виділення вуглекислого газу та інтенсивність розкладу лляного полотна досягли максимальних значень. Біологічна активність ґрунтів залишається важливим показником процесу ґрунтоутворення, це доводить чисельність, склад і активність ґрунтових мікроорганізмів, які безпосередньо беруть участь у трансформації недоступних рослинам елементів живлення ґрунту та рослинних залишків у доступні їм сполуки [5].

Саме тому при застосуванні біогумусу, який характеризується високою буферністю, у ґрунтовому розчині не виникає надлишкової концентрації солей, що залишається після внесення високих доз мінеральних добрив. Біогумус також в свою чергу містить велику кількість біологічно активних речовин. Специфічна мікрофлора біогумусу має можливість відроджувати мертвий ґрунт, тобто забезпечити всі його функції і високу родючість, значно впливає на кислотність ґрунту і може доводити значення рН до нормальних показників. Важливо те, що рослини швидко засвоюють фосфор і азот біогумусу, що є немаловажним [9].

Встановлено позитивний вплив при застосуванні біопрепаратів за інокуляції насіння у поєднанні з органо-мінеральною системою удобрення на вміст гумусу у дерново-підзолистому ґрунті в середньому за ротацію сівозміни. Органо-мінеральна система удобрення (NPK + гній + сидерат) забезпечує

найбільше зростання запасів гумусу в ґрунті — 0,53 т/га за рік. Застосування мікробних препаратів у процесі вирощування сільськогосподарських культур за цією системою удобрення сприяє підвищенню вмісту гумусу в ґрунті на 0,16 т/га за ротацію сівозміни [5].

Найбільшу роль у зменшенні впливу абіотичного стресу відіграють біостимулятори росту на основі амінокислот, що беруть активну участь у процесах метаболізму рослин [7]. Але треба звернути увагу, що не всі амінокислоти є біостимуляторами і при цьому не всі амінокислоти засвоюються рослинами. Існують особливості застосування тих чи інших препаратів, тому потрібно розумітися на принципах їх дії та особливостях застосування [8].

Як зазначено вище, мікроорганізми мають здатність синтезувати широкий спектр біологічно активних речовин – амінокислот, фітогормонів, заліза та ін. [7]. Більшість корневих бактерій, які демонструють корисний вплив на ріст рослин, виробляють природний рослинний гормон індол-3-оцтову кислоту (ІАА). Результатом інокуляції цим гормоном є посилення росту коренів та посилення утворення бічних коренів та корневих волосків, що в цілому може призвести до підвищеної стійкості до абіотичного стресу [6].

Стресовий фітогормон жасмонова кислота, є одним з ключових метаболітів рослин. Але одночасно жасмонати відносяться до біологічно активних речовин які здатні регулювати ріст рослин та захищати їх від комах, патогенів і абіотичних стресів. При цьому вона активує гени захисної системи та впливає на накопичення запасних білків, покращує проростання насіння та дозрівання плодів. В умовах модельного польового Обробка рослин ЖАК в концентраціях 10-7 і 10-6 М частково знімала спричинюваний посухою ефект пригнічення росту і зменшувала вододєфіцит. В умовах нормального зволоження обробка ЖАК зменшувала кількість рослин уражених збудниками корневих гнилей, показники врожайності також збільшувалися, уповільнювався розвиток темно-бурої плямистості [2].

Використання біологічно активних речовин може впливати як на стимуляцію росту сільськогосподарських культур в цілому, так і діяти позитивно ще на початкових стадіях розвитку (проростання насіння і т.д.) [11].

Таким чином, наведені приклади практичного використання біологічно активних речовин додатковий раз доводять, що присутність мікроорганізмів та участь їх у синтезі та розкладанні органічних речовин, мають велике значення як для ґрунтової родючості, так і позитивно впливають на процеси в рослинах. Тому необхідно створювати умови, які сприяють повному використанню поживних речовин органічної частини ґрунту під час живлення рослин.

Список джерел:

1. Кутузова Р.С., Воробьев Н.И., Круглов Ю.В. Структура мікробного комплексу ризосфери пшениці в умовах гербіцидного стресу. *Ґрунтознавство*. 2006. № 2. С. 220-227. Рез. англ.-Бібліогр.: с.227.

2. Лугова Г. А., Карпець Ю. В., Григоренко Д. О., Коломоєць Б. О., Обозний О. І., Мірошніченко М. М., Колупаєв Ю. Є. Вплив жасмонової кислоти

на продуктивність рослин ячменю та їх стійкість до посухи і грибних інфекцій. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія : Біологія.* 2015. Вип. 3. С. 54-61

3. Нікітенко Т. Г., Зубарева І. М., Жерносекова І. В., Вінніков А. І. Вплив метаболітів стрептоміцетів на фізіологічну активність кукурудзи. *Вісник проблем біології і медицини.* 2017. Вип. 1 (135). С. 34-36.

4. Патица Н.В., Бородай В.В., Житкевич Н.В. Вплив біопрепаратів на динаміку чисельності бактерій і фітопатогенних грибів в агроєкосистемі картоплі. *Мікробіол. журн.* 2012. Т. 74, № 2. С. 28-35

5. Потапенко Л.В., Скачок Л.М., Горбаченко Н.І. Вплив мікробних препаратів на баланс гумусу в дерново-подзолистому ґрунті. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2019. Том 296. С. 48-56.

7. Dragovoz I.V., Leonova N.O., Biliavska L.O., Yavorska V.K., Iutynska G.O. Phytohormone production by some free-living and symbiotic soil microorganisms. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine.* 2010. N 12. P. 154–159.

8. Gabriel P. et al. Biotechnological potential of soybean plant growth-promoting rhizobacteria. *Revista Caatinga.* 2021. Vol. 34. P. 328-338

9. Gaofei Ge, Zhaojun Li, Fenliang Fan, Guixin Chu, Zhenan Hou, Yongchao Liang. Soil biological activity and their seasonal variations in response to long-term application of organic and inorganic fertilizers. *Plant Soil.* 2010. Vol. 326(1). P. 31–44.

10. Iutynska G.O., Tytova L.V., Leonova N.O., Antypchuk A.F., Brovko I.C. Complex bacterial preparations. Bioregulation of microbial-plant system / Editors G.O. Iutynska, S.P. Ponomarenko. Kiev: Nichlava, 2010. P. 352–376

11. Shakhov I.V., Kokorev A.I., Yastreb T.O., Dmitriev A.P., Kolupaev Yu.E. Increasing germination and antioxidant activity of aged wheat and triticale grains by priming with gamma-aminobutyric acid. *Ukrainian Botanical Journal.* 2024. 81(4): 290–304.

МОНІТОРИНГ ЗМІН АГРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАФТОЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ ТА РОСЛИННИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛІПИХИ КРУШИНОВИДНОЇ В ПРОЦЕСІ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ

Романюк О.І.,

кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник,

Шевчик-Костюк Л.З.,

кандидат біологічних наук,

Романюк Г.В.,

кандидат хімічних наук, доцент,

Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної

хімії і вуглекислоти імені Л.М. Литвиненка НАН України,

м. Львів, Україна

Українські ґрунти – одне з найцінніших багатств країни, і від їх раціонального та ефективного використання залежить добробут нашого народу. Однак, промислова та господарська діяльність супроводжується забрудненням ґрунтів. Значна частка деградованих земель утворилася внаслідок експлуатації родовищ корисних копалин, зокрема нафти та газу, і, відповідно, забруднена нафтою, нафтопродуктами та іншими хімічними речовинами. Воєнні дії на території України суттєво збільшили площі забруднених земель. Внаслідок застосування важкої військової техніки, вибухів снарядів, розливів паливно-мастильних матеріалів, руйнування промислових об'єктів і складів боєприпасів, відбувається глибоке фізичне, хімічне та біологічне порушення ґрунтового покриву. На сьогоднішній день в Україні налічується більше 4 млн. га малопродуктивних, техногенно-порушених земель, понад 5 млн. га сільськогосподарських земель зазнали впливу воєнних дій.

Найприйнятнішою технологією відновлення ґрунтів є фіторемедіація завдяки своїй природності, екологічності та економічності. Вона забезпечує очищення ґрунтів та оптимізацію природного середовища шляхом запобігання вітрової та водної ерозії, збагачення атмосфери киснем, покращення водного промивного режиму та якості ґрунтових вод на прилеглих територіях. Проведення фіторемедіації є непростим завданням, враховуючи широкий спектр поллютантів та їх токсичність. Успішність застосування фіторемедіаційних технологій для відновлення ґрунтів, при їх комплексному забрудненні, лімітується нафтовим забрудненням, яке дуже токсичне для рослин. У попередніх наших дослідженнях встановлено, що обліпіха крушиновидна здатна рости на нафтозабруднених ґрунтах.

Моніторинг змін агрохімічних властивостей нафтозабрудненого ґрунту та рослинних параметрів фіторемедіанта - обліпіхи крушиновидної (*Hippophae rhamnoides* L.) в процесі ремедіації є метою даної роботи.

Вперше запроваджено моніторинг стану, росту та розвитку рослин обліпіхи крушиновидної до 18-20 річного віку насаджень в умовах нафтового забруднення (відвали озокеритової шахти міста Борислава). Встановлена

переважаюче пагінцева здатність обліпихи до самостійного розмноження на деградованих нафтозабруднених територіях. Якщо розглядати показники росту у висоту, то в перший рік приріст становить більше 30-40 см, на 2 рік він у 1,5-2 рази більший і складає 60-80 см і ця динаміка росту зберігається до 6 річного віку, так що 3-4-річні дерева вже зникаються в ряду, а 5-річні створюють непрохідні хащі. Найбільш динамічно обліпиха росте у період 4-6 років, з 7 до 12 років швидкість її зростання поступово зменшується у 1,5-2 рази, а з 13 років приріст рослини у середньому не перевищує 15 см. Це можна пояснити недостатністю харчування рослин через загущеність, збіднений субстрат, жорсткі умови зростання на нафтовому забрудненні. Однак, обліпиха на нафтозабруднених територіях зберігає здатність розростатись в куртину, захоплюючи все нові деградовані ділянки, поширюючи пагони на відстань 1,5-2,5 м, створюючи нові куртини. За 6-9 років обліпиха поширюється від материнської куртини на відстань до 15-17 м ланцюжком щорічних кореневих пагонів, захоплюючи ділянки "голих" деградованих, нафтозабруднених ґрунтів.

Одним із важливих факторів впливу обліпихи є покращення властивостей ґрунту завдяки відмиранню листя, відмираючої частини коренів, бульбочок. Гумусова підстилка під обліпихою за 3 роки сягає 1 см, за 13 років – до 3-4 см. Це сприяє поетапному заростанню деградованих земель травами та іншими деревними культурами: березою, вільхою.

Попри інтенсивний ріст обліпихи (4-6 рік) та засвоєння нею органічних елементів із ґрунту, в останньому спостерігали збільшення загального та амонійного азоту. Так, вміст амонійного азоту у забрудненому ґрунті сягав 23,6 мг/кг, а у нафтозабрудненому ґрунті після фітореMediaції обліпихою становив 30,00 мг/кг. Збільшується і вміст мінерального азоту, який є сумою нітратного і амонійного та характеризує забезпеченість ґрунтів азотом та його доступність для рослин (табл.).

Таблиця.

Вміст фосфору та азоту у нафтозабруднених ґрунтах до і після фітореMediaції обліпихою

Нафтозабруднений ґрунт (12,3% нафти)	до фіто- реMediaції	після чотирьох років фітореMediaції
Вміст фосфору та азоту		
P ₂ O ₅ (рухомий), мг/кг	6,0±0,3	5,0±0,4
N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	5,90±0,2	2,19±0,3
N-NH ₄ ⁺ , мг/кг	23,6±0,3	30,00±0,2
N (Мінеральний) (N-NO ₃ ⁻ + N-NH ₄ ⁺), мг/кг	29,5±0,2	32,19±0,2
N (загальний), %	0,05±0,01	0,15±0,02

Дослідження показали, що рослини *H. rhamnoides* стовідсотково приживаються на сильнозабруднених нафтою ґрунтах (97-150 г нафти на 1 кг ґрунту (9,7-15 %)), і суттєво прискорюють процес біодеградації нафти вже у перший рік росту. Сумарне очищення ґрунту складає 76,7-84,6 % .

На четвертий рік росту обліпихи ступінь очистки ґрунту підвищується до 92,7 %, за початкового забруднення ґрунту нафтою 12,3%, а також знижується його фітоксичність. Під дією рослин *H. rhamnoides* відбулось не лише зниження токсичності ґрунту, але й покращення його мікробіологічних властивостей. Так, на четвертий рік зростання обліпихи на нафтозабрудненому ґрунті кількість ґрунтових мікроорганізмів суттєво зростає: гетеротрофів у 10^4 раз, деструкторів нафти у 6×10^2 раз в порівнянні з не рекультивованим ґрунтом. Покращилась якість ґрунту і на відстані 4-6м від ділянки: кількість гетеротрофів зростає у 2×10^2 раз, деструкторів нафти у 10^3 раз.

Отже, обліпиха крушиновидна успішно приживається на нафтозабруднених територіях, зберігаючи здатність розростатись в куртини, очищує ґрунт від нафтового забруднення, знижує його токсичність, покращує мікробіологічні властивості, збагачує азотом, що сприяє оздоровленню ґрунту, і, як наслідок, успішному заростанню нафтозабруднених територій.

ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ ПРИМІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Тригуб В.І.,

кандидат географічних наук, доцент
доцент кафедри географії України, ґрунтознавства і земельного кадастру,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
м. Одеса, Україна

Домусчи С.В..

доктор філософії за спеціальністю 106 «Географія»
вчитель Кулевчанського опорного закладу-ліцею,
Білгород-Дністровський район, Одеська область, Україна

Забруднення компонентів навколишнього природного середовища викидами промислових об'єктів і транспортних засобів належить до числа найбільш значущих екологічних проблем сучасності, що безпосередньо позначаються як на стані довкілля, так і на здоров'ї населення. За сучасних світових тенденцій урбанізації та зростання транспортної інфраструктури найбільшого антропогенного навантаження зазнають саме міські та приміські території, особливо зони з інтенсивним рухом автомобільного транспорту.

Відповідно до офіційних даних Міністерства екології та природних ресурсів України, частка забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від стаціонарних джерел, становить 63,2 %, тоді як від пересувних – 36,8 %. При цьому серед пересувних джерел провідну роль відіграє автомобільний транспорт, на який припадає 88,7 % загального обсягу таких викидів [2].

Світовий автомобільний парк на сучасному етапі розвитку перевищує 600 млн одиниць транспортних засобів. У його структурі домінують легкові автомобілі, частка яких становить 83-85 %, тоді як вантажні автомобілі та автобуси складають 15-17 %. У межах великих міст внесок автотранспорту в забруднення атмосферного повітря сягає 70–90 %, що призводить до формування стійких зон підвищеного забруднення, де санітарно-гігієнічні нормативи часто перевищуються у декілька разів [1, 2].

.Особливість автотранспорту як джерела забруднення полягає у низькому розташуванні викидів – практично на рівні дихання людини, а також у їх просторовій розосередженості та безпосередній близькості до житлової забудови та сільськогосподарських угідь. Це значно підвищує екологічні ризики, пов'язані з осіданням токсичних речовин на поверхню ґрунту.

До «пріоритетних» забруднювачів атмосферного повітря, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів, належать свинець, частка якого у викидах становить близько 80 %, оксид вуглецю – 59 %, оксиди азоту – 32 %, а також бенз(а)пірен, леткі вуглеводні та інші речовини середнього і високого класів токсичності [3].

Хімічний склад відпрацьованих газів визначається типом двигуна, режимом його роботи, технічним станом транспортного засобу та якістю палива. На

сьогодні ідентифіковано понад 200 компонентів, що входять до складу автомобільних викидів, серед яких значну небезпеку становлять сполуки важких металів.

Ґрунт, з одного боку, є найбільш стабільним компонентом ландшафту, а з іншого – виступає потужним акумулятором хімічних елементів і сполук. Серед сучасних антропогенних забруднювачів особливе місце займають важкі метали, накопичення яких негативно впливає на мікробіологічну активність ґрунтів, ріст і розвиток рослин, стан ґрунтової фауни, якість поверхневих і підземних вод, а також створює загрозу для здоров'я людини.

Об'єктами дослідження слугували ґрунти Одеської міської території в межах впливу транспортних потоків, а також ґрунти приміської зони, що зазнають впливу автомобільного транспорту вздовж основних автомагістралей: Одеса – Київ, Одеса – Рені, Одеса – Чорноморськ. Зональний ґрунтовий покрив досліджуваної території представлений чорноземами південними слабогумусованими важкосуглинковими.

Забруднення ґрунтів міських і приміських територій речовинами антропогенного походження є однією з їх характерних рис та водночас чинником, що спричиняє істотні зміни інших властивостей ґрунтового покриву, рослинності, ґрунтової фауни та загальної продуктивності екосистем; може значною мірою впливати і на здоров'я населення [4, 5]. За сучасних умов одними з найбільш небезпечних забруднювачів залишаються важкі метали.

Дослідження щодо вмісту важких металів в чорноземах південних сільськогосподарських угідь в межах впливу автомобільного транспорту (автошляхи Одеса-Київ, Одеса-Рені, Одеса-Чорноморськ) представлені в таблиці.

Таблиця.

Вміст рухомих форм важких металів та мікроелементів у ґрунтах приміської зони м. Одеси (автошляхи Одеса-Київ, Одеса-Рені, Одеса-Чорноморськ), мг/кг

Забруднювач	Відстань від дорожнього полотна			ГДК
	0-5 м	5-10 м	10-15 м	
Марганець (Mn)	47,24 – 97,98 67,56	68,00 – 96,65 95,22	87,20 – 90,35 88,68	140.00
Цинк (Zn)	14,80 – 24,80 19,87	0,75 – 0,98 0,86	0,35 – 0,48 0,38	23.00
Кобальт (Co)	1,94 – 26,20 10,17	0,99 – 1,05 1,02	0,20 – 0,28 0,23	5.00
Мідь (Cu)	1,88 – 3,93 2,80	0,65 – 0,72 0,68	0,98 – 1,24 1,12	3.00
Кадмій (Cd)	0,54 – 0,83 0,67	0,13 – 0,20 0,16	0,12 – 0,20 0,16	0.70
Свинець (Pb)	19,45 – 44,02 30,30	4,32 – 4,70 4,56	8,45 – 9,35 8,90	6.00

Примітка: Чисельник – межі коливань, знаменник – середні значення

Відповідно до таблиці, на вміст важких металів в досліджуваних ґрунтах значною мірою впливає їх віддаленість від дорожнього полотна. Так, вміст кадмію у чорноземах південних приміської зони за межами впливу автомобільного транспорту є низьким і коливається в межах 0,12–0,20 мг/кг. Натомість у сільськогосподарських угіддях, розташованих поблизу автошляхів, рівень забруднення кадмієм суттєво зростає. Найбільш забрудненими виявилися ґрунти на відстані до 5 м від дорожнього полотна, де концентрація кадмію становить 0,54–0,83 мг/кг і на окремих ділянках перевищує гранично допустимі концентрації. Це дозволяє стверджувати про істотний вплив автомобільного транспорту на забруднення сільськогосподарських ґрунтів рухомими формами кадмію, який відноситься до першого класу небезпеки, та потенційну небезпеку для рослинницької продукції.

Вміст свинцю в чорноземах південних приміської зони варіює у значних межах. Максимальні концентрації зафіксовано у ґрунтах безпосередньо біля узбіччя доріг (до 5 м від дорожнього полотна), де вміст рухомих форм свинцю становить 19,45–44,02 мг/кг, що перевищує ГДК у 3–7,5 рази. Такі ґрунти є потенційним джерелом забруднення сільськогосподарської продукції та можуть негативно впливати на харчові ланцюги і здоров'я населення. За межами інтенсивного впливу автотранспорту (15–30 м від дороги) вміст свинцю знижується до 4,32–9,35 мг/кг, однак залишається достатньо високим з огляду на можливість його подальшого накопичення в рослинах та враховуючи його токсичність, оскільки також відноситься до першого класу небезпеки.

За вмістом рухомого цинку досліджувані ґрунти також характеризуються різким зменшенням вмісту зі зростанням відстані від джерела забруднення. Так, у смузі до 5 м від узбіччя доріг концентрація цинку становить 14,80–24,80 мг/кг, тоді як на відстані 30 м вона зменшується до 0,35–0,48 мг/кг, що відповідає фоновому рівню зональних ґрунтів досліджуваної території.

Аналогічна закономірність встановлена і для рухомих форм кобальту. Його вміст у ґрунтах приміської зони суттєво зменшується з віддаленням від автошляхів: від 1,94–26,20 мг/кг поблизу дорожнього полотна до 0,20–0,28 мг/кг на більш віддалених ділянках.

За вмістом марганцю ґрунти приміської зони також характеризуються неоднорідністю. На узбіччях доріг середній вміст цього елемента становить 67,56 мг/кг, тоді як на відстані 15–30 м він зростає до 88,68–95,22 мг/кг, що, ймовірно, пов'язано з внесенням мінеральних добрив у межах сільськогосподарських угідь.

Токсичний вплив важких металів посилюється внаслідок їх сумарної дії, що відображається інтегральним показником забруднення. Чорноземи південні приміської зони, розташовані безпосередньо біля дорожнього полотна, характеризуються найвищим рівнем забруднення ($Z_c = 102,39$), що відповідає високому ступеню техногенного навантаження. На відстані 30 м від автошляху сумарний показник забруднення зменшується майже у 10 разів і становить $Z_c = 10,06$, що відповідає низькому рівню забруднення.

Оцінка екологічної небезпеки здійснювалася також за коефіцієнтом небезпеки, який відображає рівень перевищення вмісту забруднюючих речовин відносно ГДК. Найбільш забрудненими є ґрунти в зоні інтенсивного впливу автомобільного транспорту, де середні значення коефіцієнта небезпеки становлять: для свинцю 5,05, цинку – 0,86, кобальту – 2,03, кадмію – 0,96, міді – 0,93, що свідчить про високий рівень екологічної небезпеки досліджуваних важких металів та значний ризик їх міграції у системі «ґрунт – рослина».

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні **висновки**:

1. Автомобільний транспорт є одним із ключових джерел техногенного забруднення ґрунтів міських і приміських територій, формуючи зони підвищеної концентрації важких металів уздовж автошляхів.

2. Чорноземи південні приміської зони Одеського регіону характеризуються високою здатністю до акумуляції сполук важких металів, що підвищує їх екологічну вразливість.

3. Найвищі концентрації кадмію, свинцю, цинку та кобальту зафіксовано у ґрунтах на відстані до 5 м від дорожнього полотна; зі збільшенням відстані до 15–30 м їх вміст істотно знижується.

4. Перевищення гранично допустимих концентрацій, особливо для свинцю та кадмію, створює потенційну загрозу забруднення сільськогосподарської продукції та негативного впливу на харчові ланцюги і здоров'я населення.

5. Високі значення сумарного показника забруднення та коефіцієнтів небезпеки свідчать про необхідність систематичного моніторингу ґрунтів приміських зон, особливо які «задіяні» у сільськогосподарському виробництві та впровадження заходів зі зменшення негативного впливу автомобільного транспорту.

Список джерел:

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2021 році. Одеса, 2022. 214 с. URL: <https://ecology.od.gov.ua/zvity>

2. Статистичний збірник «Довкілля України» за 2017 рік. http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/11/zb_du2017.pdf

3. Стойко С. М., Койнова І. Б. Сучасні види антропогенного впливу на життєве середовище. *Український географічний журнал*. 2012. № 1. С. 50-56. https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2012-1-50_0.pdf

4. Trigub V. I., Domuschy S. V. Assessment of risk to health of the population from soil pollution by heavy metals: theoretical-methodological and ecological aspects. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*. 2022. № 31(1). P. 152–162

5. Trigub V., Domuschy S., Lyashkova O. Heavy metals in the soils of the Odessa city *Sustainable Development and Human Health*. Czestochowa: Publishing House of Polonia University «Educator». 2020. P. 38-48.

***Взаємодія науки, освіти та бізнесу для
збереження та підвищення
родючості ґрунтів***

***Interaction among science, education, and
business for soil conservation
and fertility improvement***

ДО ПИТАННЯ ПРО КОРОТКОПЕРІОДИЧНІ ЗМІНИ СОЛОНОСТІ ВОДИ ВЕЛИКОГО АДЖАЛИЦЬКОГО ЛИМАНУ (ЧОРНЕ МОРЕ)

Стоян О.О.,

кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії,
природокористування і геоінформаційних технологій

Муркалов О.Б.,

кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії,
природокористування і геоінформаційних технологій.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
м. Одеса, Україна

Для поверхневих водозборів лиманів північно-західної лиманної берегової області актуальними є процеси переносу солі з ділянок дна, які висихають при падінні рівня води.

Лимани є азональними географічними об'єктами. За даними науковців [1-3] встановлена закономірність великої швидкості зміни природної системи лиманів під дією зовнішніх впливів. Динамічні зміни в посушливих умовах Дністровсько-Бузької низовинної області, Одесько-Тилігульського фізико-географічного району мають в умовах змін клімату [4] і антропогенного регулювання екстремальний характер. Згідно гідрографічного районування басейн річки Великий Аджалик разом з Великим Аджалицьким лиманом, відноситься до району басейну річок Причорномор'я [5]. Великий Аджалицький лиман належить до групи лиманів, які не мають регулярного природного сполучення з морем (рис.) [3, 6].



Рис. Географічне положення (позначено стрілкою на врізці) та підрозділи акваторії Великого Аджалицького лиману [1]: I – Великий басейн, II – Малий басейн, III – Олександрівський став

Надходження води до лиману з річки Великий Аджалик майже повністю припинилося [1]. До лиману вода надходить тільки з його водозбірного басейну при випадінні опадів, таненні снігу і бічного притоку з балок. Водообмін з морем через штучний канал не відбувається через його занесення наносами.

В цих умовах експлуатація комплексу гідротехнічних споруд є необхідною умовою для стабілізації гідрологічного та гідрохімічного режимів лиману [1].

Просторовий розподіл солоності лиманної води досліджено при відборі на промірних галсах на акваторії Великого басейну Великого Аджалицького лиману 15 зразків води поверхневого шару (0-0,5 м).

Максимальна солоність води поверхневого шару дорівнювала 37,8‰, мінімальна – 34,3‰, середня - 36‰, що відповідає умовам року середньої водності. Просторовий розподіл солоності по мілководній акваторії лиману характеризується відносною однорідністю - амплітуда дорівнювала 3,5‰.

Літо-осінь 2025 року характеризувалось відсутністю опадів протягом тривалого часу. Це привело до обміління лиману і висихання Малого басейну. Зафіксовані значення солоності води в цих умовах перевищили відомі з літературних джерел. Опубліковані значення солоності дорівнювали при запуску морської води через з'єднувальний канал 3,0-7,0‰ і максимум при припиненні водообміну – 94,0‰.

Відбір зразків води 22-23 жовтня 2025 року показали значення солоності – 160,0‰. Після випадіння зливових опадів до 17 жовтня солоність лиманної води знизилась до 89‰.

Моніторинг солоності води та коливання рівня і зміни площі їх водного дзеркала мають за цих умов велике практичне значення для природокористування в їх басейні.

Список джерел:

1. Большаков В. М., Адобовський В. В., Запорожченко О. Т., Соколов О. В. Реакція мілководної водойми на зовнішні дії (на прикладі Дофінівського лиману). *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення»*. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 160 с. С. 37-40.

2. Гижко Л. В. Фізико-географічні закономірності формування лиманів «Тузлівської групи» на північно-західному узбережжі Чорного моря: автореферат дис. ... канд. геогр. наук. 11.00.01. Одеса, 2015. 20 с.

3. Молодих І. І, Усенко В. П., Палатна В. П. та ін. Геологія шельфа УРСР. Лимани. Київ: Наукова думка, 1984. 176 с.

4. Світличний, О. О., Ібрагімова, М. С. До питання про сучасні зміни клімату північно-західного Причорномор'я. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. 2016. 21(1(28)). 22–41. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2016.1\(28\).90327](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2016.1(28).90327)

5. Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Забокрицька М.Р. Управління річковими басейнами: навч. посібник К.: ДІА, 2024. 236 с.

6. Шуйський Ю. Д. Типи берегів Світового океану: монографія. Одеса: Астропринт, 2000. 480 с.

ПРО ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНУ ЗЙОМКУ КЛАСИЧНИХ ЛИМАНІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО УЗБЕРЕЖЖЯ ЧОРНОГО МОРЯ

Шуйський Ю.Д.,

доктор географічних наук, професор,
кафедра фізичної географії, природокористування та ГІС-технологій,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
м. Одеса, Україна

Навіть до сьогодні зберіглася практика дослідження лиманів, ріасів, лагун, фордів та інших приморських озер та бухт на узбережжях Світового океану, за якою опробування водного шару, осадів на берегах та на дні виконується певним чином неуніфіковано, часто довільно і невмотивовано. Взагалі, на практиці не застосовується кондиційна зйомка для визначення провідних елементів, компонентів та факторів природних систем, у тому числі й таких об'єктів, як приморські озера та бухти. Донедавна вона просто не була розроблена. В результаті суттєво погіршується кінцевий результат досліджень, матеріали про природні особливості цих географічних об'єктів зазвичай опиняються нерепрезентативними. Тому в більшості випадків такі немотивовані результати досліджень не можуть бути застосованими для ефективних передпроектних та проектних розробок. А якщо некондиційні матеріали і результати застосовуються, то проекти використання природних ресурсів і природокористування у цілому є невдалими, крайньою мірою дія проекту встановлюється *«мінімальним часом капітальності»*.

Викладена ситуація добре проявилася під час фізико-географічних досліджень озер у Латвії, Білорусії, заток на Чорному (Ягорлицька, Тендрівська) та Азовському (Утлюцька затока, Молочний, Єйський та Бейсугський лимани) морях. Співставлення поодиноких чи тільки кількох опробувань, часто тільки у поверхневому горизонті. Але опробування рельєфу, акваторії, дна, осадів та ін. за вимогами спеціальної фізико-географічної зйомки показали суттєві розбіжності із тими давніми взірцями. Полігоном наших досліджень були лимани у межиріччі Дністра та Дунаю [1]. Наприклад, у книзі «Природа Одеської області» (1979, Київ: Вид-во Вища школа, 180 с.) пересічна глибина лиману Шагани вказана 1,28 м, а на друге десятиріччя ХХІ століття нашими кондиційними зйомками через 50 років в дійсності було значення 1,41 м (різниця +10,2%), глибина лиману Будацький 1,12 м, в дійсності 0,98 м (різниця -14,3%), Дністровського лиману 1,83 м, а в дійсності 1,74 м (різниця -5,2%). На Дністровському лимані дійсні значення були отримані шляхом відпрацювання 84 комплексних станцій (рис.). Тому одна станція описувала 4-5 км² акваторії та дна лиману у масштабі 1: 50000. Також були визначені значення кількості фізико-географічних станцій для масштабів 1:10000, 1:25000, 1:100000 на усіх досліджених лиманах, а кожна станція містила у собі один і той же комплекс природних показників.

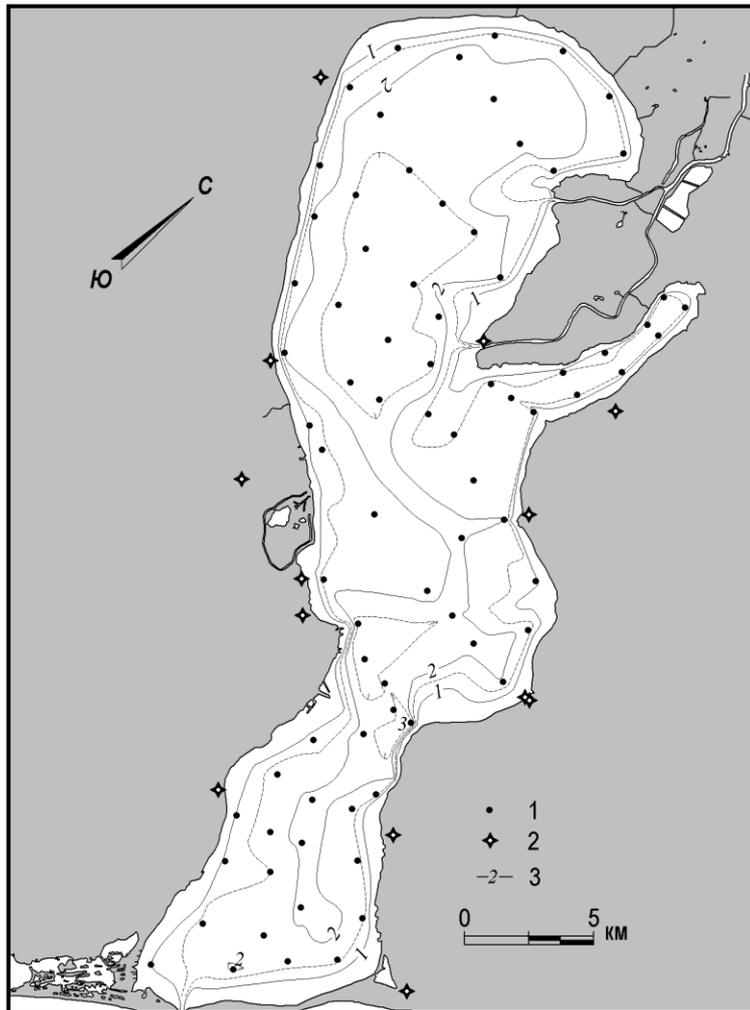


Рис. Батиметрична схема дна Дністровського лиману за результатами фізико-географічної зйомки у масштабі 1:50000. Умовні знаки: 1 — точки вимірів глибини; 2 — тверді орієнтири на березі, по яким визначалася локація точок виміру; 3 — ізобати, метри (складена Ю.Д. Шуйським)

Зазначимо: вказані розбіжності відносяться також і до водного шару, значень температури, солоності, каламутності, прозорості води і т. і. Виявлені результати за значеннями глибин автор пояснює впливом процесів довготермінового зміння пересічного рівня води у лиманах та процесів донної седиментації. Там, де надходження осадового матеріалу на дно лиману є інтенсивним, там трендові глибини довготерміново зменшуються протягом десятиріччя і навпаки. В Дністровський лиман приходить алювіальний матеріал у досить великій кількості, тому тут глибини зменшуються, різним чином у різних районах водної акваторії. У лимані Шагани поверхневі водотоки блоковані «дочірніми» пересипами вторинних лиманів і відносно малою активністю абразії кліфів та бенчів. Тому тут переважає вплив відносних довготермінових підвищень рівня води протягом майже 50 років.

Зауважимо, що для визначення глибин протягом 50-60-х років дослідники вимірювали максимум до 5-7 точок, по кутах та у центрі водойми. Це була звичайна методика, бо лимани є дуже мілініними і суттєва, значуща

горизонтальна та вертикальна різниця не передбачувалася і зовсім виключалася [1]. Під час наших інструментальних досліджень результати таких давніх вимірів не вважалися коректними та достовірними. Тому треба було встановити реальні зміни, динаміку об'єктів, елементів, компонентів природи лиманів, то довільні взірцювання ніяк не можуть віддзеркалити таку динаміку, у тому числі і у межах Дністровського лиману. Потрібна кондиційна зйомка, і була виконана спроба розробити цю зйомку. Полігоном для розробки стала фізико-географічна зйомка групи Тузлівських лиманів та Дністровський лиман на північно-західному узбережжі Чорного моря [1].

Під час розробки методики фізико-географічної зйомки була оговорена необхідність гармонізації провідних природних факторів, компонентів та процесів у межах систем кожної водойми. Зокрема, це площа акваторії, контури берегової лінії, глибини, вертикальне розчленування донного і берегового рельєфу, характеру живлення прісною та морською водою, а також рекомендацій гідрографів, геоморфологів, лімнологів, берегознавців, власного досвіду автора. Дуже важливо, що фіксована локація окремих станцій зйомки виконувалася за допомогою зарубок на відомих твердих орієнтирах на березі, а для контролю — ще і за допомогою GPS. Відтак, була реальна нагода майбутнього повторення вимірів того ж комплексу природних показників і в одних і тих же точках, що необхідно і коректно для співставлень. А такі співставлення дають можливість встановити реальну динаміку певної кількості показників. Тому відкривається можливість до науково обґрунтованого фізико-географічного прогнозу не тільки природних змін, але й природно-антропогенних змін у межах складної лиманної системи під час природокористування на усіх лиманах, і не тільки узбережжя Чорного моря.

Як і на досліджених нами лиманах, на інших необхідними вимірами вважаємо такі: а) комплекс рельєфу; б) водний комплекс; в) седиментаційний комплекс; г) фізико-хімічний комплекс; д) гідробіологічний комплекс. На відміну від ландшафтних (теригенних) систем, на акваторіях лиманів не можна виконувати ґрунтові дослідження (ґрунти — є дзеркалом ландшафту). Тут немає умов для зародження та необхідного розвитку справжнього ґрунтового шару, його товщини, структури, перешарованості, геохімічного складу, ґрунтових організмів тощо.

Комплекс рельєфу містить у собі інформацію про умови зародження, його походження, морфометрію, динаміку як довготермінову, так і короткочасну. Це відноситься до лиманної долини, берегів, дна лиманів, формування пересипів, розвитку абразійного, алювіального та акумулятивного рельєфу, наявності прорв та про їх роль у водообміні із морем [2]. Важливою є оцінка, як рельєф впливає на інші елементи та компоненти лиманної системи.

У складі водного комплексу вказуються особливості водного балансу, впливу поверхневих та підземних вод, коливання рівня води, течіям різних типів, каламутності, крижаному режиму. Основне значення надається зв'язку лиманів із морем.

Седиментаційний комплекс включає дослідження процесів скиду осадового матеріалу із річок та від абразії берегів і підводного схилу лиману. Показово, що швидкості абразії кліфів тут сягають до 0,3-0,5 м/рік, що впливає на площу акваторії. Вимірюються концентрації зависей на кожній точці (рис.1), а також величини шару накопичення їх на дні і процеси формування пересипу. Акумулятивний рельєф у лиманах помітно відрізняється від прибережно-морського у береговій зоні моря.

Дослідження фізико-хімічного комплексу включає взірцювання на поверхневому та на придонному горизонтах, а при необхідності й на проміжних. Розраховуються солоність води, її температура, густина, концентрація кисню, азоту, кальцію деяких інших хімічних елементів на кожному горизонті водного шару, як наприклад [3]. Підраховуються значення маси кожного елементу у кожному лимані. Оцінюються процеси формування ропи, пелоїдів, твердої солі, умови проживання живих організмів для їх раціонального використання у різних лиманах.

Гідробіологічний комплекс ураховує геоботанічні та зоогеографічні характеристики нектонних, бентосних та планктонних організмів лиманів. Ця інформація узгоджується їх даними інших блоків у інтересах рибальства, марікультури, морського фермерства, видобутку грязей та ропи.

Визначені особливості методики фізико-географічної зйомки лиманів на узбережжі Чорного моря вимагають подальшого удосконалення.

Список джерел:

1. Шуйський Ю.Д., Вихованець Г.В., Русев І.Т. Піщані пересипи чорноморських лиманів як прибережно-морський об'єкт суворої охорони. *Збірник Матеріалів IV Міжнар. наук.-практич. online-конфер., присвяч. пам'яті професора Белозорова Сергія Тихоновича* / за ред. Ю.Д. Шуйського та О.Б. Муркалова. Одеса: ОНУ, 2024. С. 112 – 119.
2. Шуйський Ю.Д., Вихованець Г.В., Стоян О.О. Фізико-географічні дослідження класичних лиманів на узбережжі Чорного моря. *Теорія і практика берегознавства та природокористування: збірник Матеріалів IV Міжнар. наук.-практич. online-конфер., присвяч. 160-річчю кафедри фізичної географії ОНУ імені І.І. Мечникова* / за ред. Ю.Д. Шуйського та О.Б. Муркалова. Одеса: ОНУ, 2025. С. 54 – 61.
3. Шуйський Ю.Д., Вихованець Г.В., Гижко Л.В., Стоян А.А., Вержбицький П.С. Фізико-географічні риси природи лиманів Шагани та Алібей на узбережжі Чорного моря. *Причорноморський Екологічний бюлетень*. 2009. Вип. 1 (31). С. 96 – 111.

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції

**«Технологічні інновації та природоохоронні
рішення для здоров'я ґрунту»,**

присвяченої Всесвітньому дню ґрунту

5 грудня 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
**"Technological innovations and environmental
solutions for soil health"**

December 5, 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