

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ, ДОВКІЛЛЯ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ОХОРОНА ҐРУНТІВ

Спеціальний випуск

МАТЕРІАЛИ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ҐРУНТИ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ: ДЕГРАДАЦІЯ,
ВІДНОВЛЕННЯ ТА ІННОВАЦІЇ ДЛЯ СТАЛОГО
МАЙБУТНЬОГО»,
присвяченій Всесвітньому дню ґрунтів (WSD)

м. Київ
27 листопада 2025 року



ОХОРОНА ҐРУНТІВ

ЗАСНОВНИК І ВИДАВЕЦЬ —
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

ПАЛАМАРЧУК Р. П.

Відповідальний секретар

РОМАНОВА С. А., к.с.-г.н., старш.дослідник

Відповідальний редактор

ТЕВОНЯН О. І.

БОРТНІК А. М., к.с.-г.н.

ГРИЩЕНКО О. М., к.с.-г.н.

ГУНЧАК М. В., к.с.-г.н.

ДМИТРЕНКО О. В., к.с.-г.н., старш. дослідник

ЖУКОВА Я. Ф., к.б.н.

ЖУЧЕНКО С. І., к.с.-г.н., доцент

КРУПКО Г. Д., к.с.-г.н.

КУЛІДЖАНОВ Е. В., к.с.-г.н., доцент

МЕЛЬНИК М. А., к.с.-г.н.

СИРОВАТКО В. О., к.б.н.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ

провулок Сеньківський, 3, м. Київ, 03190

Тел.: 044 356-53-21

e-mail: info@iogu.gov.ua

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 20620-10420ПР від 24.02.2014

Оригінал-макет ДУ «Держґрунтохорона»

Адреса: провулок Сеньківський, 3, м. Київ, 03190, тел.: (044) 356-53-21

© Охорона ґрунтів, 2025

ЗМІСТ
СЕКЦІЯ 1. ВІЙНА І ҐРУНТИ: ВИКЛИКИ
ТА ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ
SECTION 1. WAR AND SOILS: CHALLENGES
AND PATHS TO RECOVERY

A. Rodríguez-Seijo	
A redefinition of contaminants from military and warfare areas.....	9
K. Stott, M. Goddard, D. Manning, A. Sherry, M. Prendergast-Miller	
Reconstructing soils using demolition byproducts to enhance carbon capture function following conflict.....	10
M. Tuomas Tunturi	
Large-scale post-war soil remediation works in Kuwait.....	12
Ю. В. Буц, О. В. Крайнюк	
Еколого-геохімічна оцінка забруднення важкими металами ґрунтів сходу Харківщини під впливом бойових дій.....	13
А. В. Воробей, Ю. О. Воробей, О. В. Логоша, Г. В. Кальчицька	
Зміни чисельності діазотрофів у ґрунтах після ракетного ураження.....	15
О. М. Дацько	
Вплив воєнних дій на ґрунти лісових екосистем.....	16
Ю. В. Дегтярьов	
Процеси ущільнення чорноземів типових під впливом бойових дій та агрогенного навантаження.....	18
Р. О. Запорожець, І. І. Дубовик	
Оцінка впливу воєнних дій на стан та деградацію ґрунтів земель лісгосподарського призначення Сумського району Сумської області.....	19
В. Єрмоленко, Н. О. Капінос	
Особливості земельних відносин в умовах воєнного стану.....	21
Р. П. Паламарчук, О. М. Грищенко, Д. С. Шляхтуров	
Оцінка масштабів і характеру забруднення ґрунтів Харківської області рухомими сполуками свинцю.....	23
О. М. Підкова	
Ґрунтово-воєнні дослідження як окремий вид ґрунтових обстежень.....	24
А. В. Ревтєс-Уварова	
Зміни стану ґрунту під впливом продуктів розкладання тіла людини.....	27
К. В. Светов, О. М. Грищенко, Т. О. Ільєнко	
Розрахунок розміру шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів, допущених унаслідок збройної агресії та бойових дій...	28
В. П. Фесенко, В. О. Грищенко, М. В. Алексеєнко	
Вплив збройної агресії російської федерації на стан земель сільськогосподарського призначення Донецької області.....	31
В. В. Дудар	
Залишкове забруднення вибухонебезпечних предметів.....	33

**СЕКЦІЯ 2. ҐРУНТ І КЛІМАТ: АДАПТАЦІЯ
АГРОЕКОСИСТЕМ ДО ЗМІН
SECTION 2. SOIL AND CLIMATE: ADAPTING
AGROECOSYSTEMS TO CHANGE**

D. Powlson

Sequestering organic carbon in soil: distinguishing between evidence-based reality and wishful thinking	35
---	----

J. Sobocká

European Union Mission «A Soil Deal for Europe»	36
---	----

V. Malyarenko

New opportunities for Ukrainian scientists in soil protection research under the EU Horizon Europe Programme and the EU Mission «A Soil Deal for Europe»	38
--	----

Ю. Ю. Бандурович, І. В. Комар

Поживний режим ґрунтів Закарпатської області	40
--	----

Ю. Ю. Бандурович, Ю. В. Околюшко, З. В. Бойко

Дернові буроземні ґрунти Закарпатського Передгір'я	42
--	----

А. Д. Бондар, Р. А. Третяк

Екосистемний облік природного капіталу в землеустрої як критерій стійкого розвитку територіальних громад	44
--	----

Т. В. Буджак

Кліматичний фактор у посиленні водної ерозії ґрунтів Хотинської височини: оцінка та обґрунтування клімато-адаптивних заходів	47
--	----

О. В. Бутрим

Збереження родючості як шлях скорочення вуглецевого сліду товарного рослинництва	48
--	----

О. М. Гера, В. І. Борисенко

Вплив лісоаграрних систем на еколого-економічну та енергетичну ефективність використання осушуваних торфових ґрунтів Лівобережного Лісостепу	50
--	----

М. В. Гунчак

Динаміка кислотності ґрунтового покриву гірської зони Чернівецької області	51
--	----

М. В. Гунчак., В. І. Пасічник

Уміст мікроелементів у ґрунтах Сокирянського району Чернівецької області	53
--	----

В. В. Дегтярьов, О. Ю. Щербаков, V. Koutev

Використання гумусових біостимуляторів як антистресантів при вирощуванні кукурудзи в умовах глобальних змін клімату	54
---	----

Н. Б. Демчишин, А. М. Демчишин

Ґрунтові умови зростання <i>Alnus viridis</i> (Chaix) DC. на території НПП «Бойківщина»	56
---	----

Н. В. Дмитрієвцева

Моніторинг змін умісту основних елементів живлення в ґрунтах Лісостепу України	57
--	----

С. В. Задорожна, Н. Л. Гульванська

Баланс гумусу в ґрунтах Кіровоградської області	59
---	----

С. В. Задорожна, В. О. Матвєєва	
Еродованість сільськогосподарських угідь Кіровоградської області.....	60
С. В. Задорожна, В. О. Матвєєва	
Стан родючості ґрунтів Кіровоградської області.....	62
О. Й. Качмар	
Деструктивні процеси на землях сільськогосподарського призначення Карпатського регіону.....	63
Н. П. Коваленко, О. В. Демиденко	
Адаптація агроєкосистем України до зміни клімату: інноваційні підходи за вирощування зернових культур.....	65
В. Л. Кожевнікова, Л. В. Касіяник, А. В. Безталанна	
Стан і динаміка ґрунтів річкових долин Національного природного парку «Подільські Товтри».....	67
Н. І. Козак, Ю. М. Оліфір, О. С. Гавришко, Т. В. Партика, Ю. Є. Макух	
Уміст рухомого алюмінію в ясно-сірому лісовому ґрунті під конюшиною лучною залежно від різних систем удобрення та вапнування у короткоротаційній сівозміні.....	68
Г. Д. Крупко	
Оцінювання стану ґрунтового покриву Дубенського району Рівненської області за кислотністю.....	70
Г. Д. Крупко, Д. В. Лико, О. І. Портухай, С. М. Лико	
Динаміка вмісту гумусу на моніторингових ділянках спостереження зони Полісся Рівненської області.....	71
І. С. Кузьменко, В. Д. Зосімов, Л. Г. Шило, М. П. Чаплінський, С. М. Бондаренко	
Динаміка агрохімічних показників та оцінка родючості ґрунтів ПСП «Кривець»	73
В. В. Любич, О. В. Стоцький	
Баланс азоту в ґрунті під посівами соняшника залежно від удобрення	77
Ю. М. Оліфір, Т. В. Партика, О. С. Гавришко, Н. І. Козак	
Формування кислотно-основної буферності ясно-сірих лісових поверхнево- оглеєних ґрунтів залежно від тривалих антропогенних навантажень.....	79
Д. М. Онопрієнко	
Переваги і недоліки фертигації в зрошуваному землеробстві України	80
В. І. Пасічняк, Л. П. Наконечний, Л. М. Чернявський, М. І. Нагребецький	
Динаміка кислотності ґрунтового покриву ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина» Томашпільської ТГ Тульчинського району Вінницької області	82
І. О. Пятковська, О. В. Матвійчук, Р. І. Налужний, А. А. Сончак	
Деградовані ґрунти та заходи щодо відновлення їх родючості в умовах Івано- Франківської області	84

К. О. Семенцова	
Оцінка стабільності стандартних зразків ґрунтового матеріалу за температури +30 °С	87
В. І. Собко, В. С. Вахняк	
Горизонтальна варіабельність властивостей чорнозему типового у ріллі	89
С. Г. Столяр	
Роль сорго звичайного двокольорового у підвищенні стійкості агроєкосистем Полісся	90
А. В. Фандалюк, В. С. Полічко	
Формування високопродуктивних екологічно-збалансованих агроландшафтів передгірської зони Закарпаття	92
І. В. Циганов, О. В. Катруша	
Моніторинг агрохімічного стану ґрунтів Запорізької області	94
СЕКЦІЯ 3. ЦИФРОВИЙ МОНІТОРИНГ І МОДЕЛЮВАННЯ ҐРУНТІВ	
SECTION 3. DIGITAL SOIL MONITORING AND MODELING	
R. Wawer	
The critical role of water in crop production and traditional assessment methods.	96
Y. Dmytruk, V. Cherlinka	
Pedotransfer functions for agrochemical data synthesis: a pilot study for Ukrainian Forest-Steppe soils	99
О. М. Бігун	
Педотрансферне моделювання: застосування для моніторингу стану й оцінювання здоров'я ґрунтів та перспективи розвитку в Україні	100
Д. П. Васільєв, Т. В. Ільєнко	
Інтегрована методика агроєкологічного моніторингу із використанням супутникових даних	102
О. В. Дмитренко, Л. П. Погоріла, Л. П. Молдован	
Геопросторове моделювання поширення важких металів і радіонуклідів у ґрунтах зон бойових дій в Україні	104
Т. О. Євсюков	
Інтеграція супутникового моніторингу і державного земельного кадастру для державного контролю за використанням земель та фіксації воєнних пошкоджень ґрунтів	107
Н. О. Капінос, М. О. Гримайло, П. І. Войтенко	
Використання цифрових моделей ризику деградації ґрунтів для оптимізації економічної структури землекористування в умовах післявоєнного відновлення	108
Н.О. Капінос, Є. Л. Русановський	
Геоінформаційне моделювання стану ґрунтів як інструмент оптимізації структури землекористування на основі даних ДЗЗ	110
Н. О. Капінос, А. М. Сема, О. В. Буряк	
Цифрові моделі ґрунтів як інструмент формування сталого землекористування в агроландшафтах України	112

Н. О. Капінос, Д. М. Суходуб Використання ГІС-технологій для картографування порушених лісових територій та оцінки деградації ґрунтів у зонах підвищених антропогенних впливів	114
І. С. Кузьменко, Р. О. Сябренко, К. А. Нечипорук, Т. М. Воронецька, С. В. Романчук Картографічний аналіз агрохімічних показників як інструмент управління станом та охороною ґрунтів.....	115
С. Ф. Топольний, О. Ф. Гелевера Оброблення супутникових GIS-даних для оптимізації внесення добрив	117
Р. А. Третяк, В. Ю. Беленок, Л. Р. Скрипник, О. О. Клименко Інтеграція ГІС-технологій у практико-орієнтоване навчання: досвід хакатону з відновлення затоплених земель річки Ірпінь	119
А. М. Шевченко, З. В. Розлач, Є. І. Порхун Визначення та просторова диференціація потреби води для розвитку зрошення	121
Д. М. Шерстюк Вплив кліматичних змін на агроєкосистеми	123

СЕКЦІЯ 4. РЕГЕНЕРАТИВНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО **І ЗДОРОВ'Я ҐРУНТІВ** **SECTION 4. REGENERATIVE AGRICULTURE** **AND SOIL HEALTH**

V. A. Hetmanenko Potential of pulp and paper mill sludge–derived biochar to enhance soil organic matter	126
D. C. Reicosky Agriculture is carbon centric and climate critical	127
L. Seevagan, K. Chozhan Integrated use of organic manures and biofertilizer for enhanced microgreen production	129
A. Onopchenko Facilitating Ukraine’s agricultural landscape	133
Д. В. Баранський, М. П. Клипак, Д. М. Ботош Ґрунтовий мікробіом — важливий фактор продуктивності соняшника в умовах змін клімату	134
І. С. Брощак, Н. І. Хомик, Б. І. Ориник, О. З. Бровко, Г. М. Дзяба, Л. С. Ковбасюк, С. М. Серединський Використання біопрепаратів у Тернопільській області	136
В. Г. Демиденко, А. С. Мелешко, Ю. В. Мелешко, В. М. Романенко Біологізація землеробства — основа відновлення родючості ґрунтів Черкащини	137
О. І. Дребот, О. В. Мельников, А. І. Медков Ефективність впливу органічної та перехідної технологій на господарські показники сої сорту Сузір’я	139

О. О. Іжболдін, О. В. Бондаренко, Н. Л. Ноздріна, А. С. Готвянська Сидеральні культури в органічному виробництві	141
М. М. Ковальов Застосування біопрепаратів для підвищення толерантності рослин індетермінантних гібридів томату до посухи та високих температур	143
С. Г. Корсун, Ю. П. Борко, В. В. Болоховський Біотехнологічні аспекти підвищення ефективності дигестату як органічного добрива	145
Ю. А. Кравчук, А. М. Ліщук, І. М. Городиська Вплив сидерації на вміст білка в зерні пшениці озимої в умовах органічного землеробства	146
С. М. Крамарьов, Л. П. Бандура, С. В. Фролов, Алшейх Салех Расстам Ібрагім, О. С. Крамарьов Новий спосіб переведення в чорноземах звичайних валових форм фосфору в рухомі	148
М. Г. Носов, О. В. Яланський Сорго у біоенергетиці та відновленні деградованих земель	149
М. Ф. Плотнікова, Н. Б. Опанасик Шляхи відновлення ґрунтів: регенеративне землеробство, людська реабілітація та соціальне підприємництво	151
М. І. Романюк Вплив регенеративного землеробства на мікробіом ґрунту	153
О. І. Романюк, Л. З. Шевчик-Костюк, Г. В. Романюк, А. М. Влащук, О. С. Дробіт, Н. О. Валентюк Фіторе mediaційний потенціал буркуну білого та жовтого на нафтозабруднених ґрунтах	154
К. В. Селюченко, Ю. О. Воробей, С. В. Кирієнко Вплив антропогенного навантаження на мікробіологічну активність ґрунтів Чернігівської області	156
В. І. Чабан, О. Ю. Подобед Уміст гумусу в чорноземі звичайному під впливом інтенсивного використання та прогноз змін	157
М. С. Якуба Врахування ґрунтових характеристик у декоративному рослинництві як запорука успішного озеленення	159
П. А. Яременко, А. М. Ліщук Підбір покривних культур у системах регенеративного землеробства в умовах Лівобережного Лісостепу України	160
М. Hudimov, I. Zaitseva Adaptive mechanisms of tree-shrub communities under soil drought stress	162
V. Syrovatko, S. Zhuchenko Application of effective metrological and statistical metrics for evaluating the ecological condition of agroecosystems.....	163

A REDEFINITION OF CONTAMINANTS FROM MILITARY AND WARFARE AREAS

A. Rodríguez-Seijo, D.Bi.Sci

**Área de Edafoloxía e Química Agrícola, Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencia Do Solo, Facultade de Ciencias, Universidade de Vigo, As Lagoas s/n, Ourense 32004, Spain; Instituto de Agroecoloxía e Alimentación (IAA), Universidade de Vigo, Campus Auga, Ourense 32004, Spain
E-mail: andresrodriguezseijo@uvigo.gal*

Shooting ranges and military training fields, including warfare-impacted areas, have been widely recognized as highly polluted areas due to contamination by inorganic and organic contaminants, such as potentially toxic elements (As, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, and Zn), BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene and xylene), organophosphorus compounds and chemical agents, radioactive residues, PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons), fuel-related compounds and/or explosive-related compounds (TNT, RDX, HMX, DNT, etc). These contaminants have been widely studied due to their environmental effects on aquatic and terrestrial ecosystems, including the related biota and humans [1]. New contaminants have also emerged, such as per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). However, the evolution of armed conflicts and the introduction of new weaponry have generated additional, yet understudied pollutants — particularly plastics and fibreglass — which exhibit persistence and co-contamination potential similar to traditional contaminants.

Plastics and microplastics are now recognized as ubiquitous environmental pollutants, even in remote areas, and are also present in conflict zones. Inputs from shotgun cartridges, explosives, and landmines, which are designed to evade metal detection, contribute to the accumulation of plastic. These residues can persist for decades, fragmenting into microplastics that contaminate soils, water bodies, and groundwater. Moreover, plastics can adsorb or interact with warfare-derived pollutants, amplifying their ecological effects [2].

New technologies, such as uncrewed aerial vehicles (UAVs), have transformed the dynamics of warfare and introduced additional pollution concerns. Many UAVs use optical fibre cables—up to 20 km in length—for remote control and anti-jamming purposes. Two types of optical fibres are used: polymer optical fibre (POF) and glass optical fibre (GOF). The POFs are usually fuel-derived, such as Polytetrafluoroethylene (PTFE), Fluorinated ethylene propylene (FEP), or Perfluoroalkoxy alkane (PFA), with their impacts also being understudied. Even the glass fibre can be a pollution source in the environment, with impacts on soil properties. Both fibres pose risks to soil and biota

when left in the field. Their collection and recycling remain limited, particularly in agricultural areas [3].

This work calls for a broader redefinition of contaminants in military and warfare areas, emphasizing the need to address emerging pollutants with poorly understood impacts on terrestrial and aquatic ecosystems. Their persistence and potential to affect soil health, agricultural productivity, and food security warrant urgent scientific and regulatory attention.

References

1. Rodríguez-Seijo, A., Fernández-Calviño, D., Arias-Estévez M., & Arenas-Lago, D. (2024). Effects of military training, warfare and civilian ammunition debris on the soil organisms: an ecotoxicological review. *Biology and Fertility of Soils*, 60, 813-844. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-024-01835-8>
2. Rodríguez-Seijo, A., Lalín-Pousa, V., Pérez-Rodríguez, P., Campillo-Cora, C., & Pereira, P. (2025). Plastic pollution in shooting ranges and warfare areas - an overlooked environmental issue. *Environmental Research*, 277, 121626. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121626>
3. CEOBS. (2025). A plastic pollution by-product of a high and low tech arms race on Ukraine's front line. Conflict and Environment Observatory, 22 May 2025. URL: <https://ceobs.org/plastic-pollution-from-fibre-optic-drones-may-threaten-wildlife-for-years>

RECONSTRUCTING SOILS USING DEMOLITION BYPRODUCTS TO ENHANCE CARBON CAPTURE FUNCTION FOLLOWING CONFLICT

*Kevin Stott¹, Mark Goddard¹, David Manning², Angela Sherry¹,
Miranda Prendergast-Miller¹*

¹ School of Geography and Natural Sciences, Northumbria University, Newcastle, UK

² School of Natural and Environmental Science, Newcastle University, Newcastle, UK

E-mail: kevin.stott@northumbria.ac.uk

Sequestration of carbon is a vital process for the future of the planet to reduce the effects of climate change [1]. One option is to amend soils with basic silicate rock quarry fines or construction and demolition wastes [2, 3]. This promotes carbonate precipitation and sequestration of soil inorganic carbon (SIC), thereby facilitating sequestration of CO₂ emissions; and providing an alternative and sustainable route for industrial by-product management.

Over an 18-month monitoring period at a major urban redevelopment site, CO₂ was quantified at ~85 tonnes of CO₂ per hectare (equivalent to 8.5 kg CO₂ m⁻²) through the formation of pedogenic calcite. The calcite formed due to the rapid weathering of calcium silicate and hydroxide minerals originating from the demolition of concrete structures. Isotopic analyses, including radiocarbon (¹⁴C) and stable carbon and oxygen isotopes, confirmed that the carbon incorporated into the calcite was derived from

atmospheric CO₂ [4]. Extrapolating these findings suggests that the strategic management of fewer than 12,000 ha of urban land to enhance calcite precipitation could facilitate the removal of approximately one million tonnes of atmospheric CO₂ annually. Work at other sites showed that the occurrence of pedogenic carbonates was widespread in artificially created urban soils containing Ca and Mg silicate minerals.

A three-year controlled pot experiment at Cockle Park Farm, Northumberland, UK, was conducted as part of the SUCCESS Project [5] to evaluate plant performance and carbon sequestration potential on engineered soils derived from construction materials. Twenty-five plant species representing diverse functional groups including grasses, forbs, legumes, woody plants, and energy crops were cultivated in soils composed of either crushed demolition concrete or dolerite, each mixed at a 30:70 ratio with sand and overlaid with a layer of compost. Plants grown in the concrete-based substrate exhibited notably higher survival rates (95 %) compared to those grown on dolerite (87 %). Moreover, the concrete treatments consistently supported greater above- and below-ground biomass across all plant functional groups. Enhanced carbon capture performance was also observed, with nearly all concrete treatments showing measurable increases in total inorganic carbon (TIC) within the first growing season. Findings demonstrated that demolition-derived concrete can be effectively repurposed as a soil amendment capable of supporting diverse vegetation establishment while actively sequestering atmospheric CO₂ through carbonate mineral formation.

A third study presents data from experimental engineered soil plots composed of basalt–sand and concrete–sand mixtures established in 2015. Soil samples collected in summer 2021 were analyzed to quantify changes in total, organic, and inorganic carbon since the initial establishment. From this, a lysimeter experiment was designed to investigate the geochemical mechanisms driving carbonate precipitation and pedogenic calcite formation within engineered soils over a year-long period.

The findings from this research [6] suggest that using crushed concrete from demolition to build a carbon capture function into soils could facilitate landscaping and reconstruction of soils after a conflict. Such approaches hold significant promise for post-conflict reconstruction and urban restoration contexts, where demolition rubble is abundant and soil/ecological recovery is a critical priority.

References

1. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123, (1—2), 1—22.
2. Renforth P, Manning DAC and Lopez-Capel, E. (2009). Carbonate precipitation in artificial soils as a sink for atmospheric carbon dioxide. *Applied Geochemistry*, 24 (9), 1757—1764.
3. Beerling DJ, Kantzas EP, Lomas MR *et al.* (2020). Potential for large-scale CO₂ removal via enhanced rock weathering with croplands. *Nature*, 583 (7815), 242—248.

4. Washbourne CL, Lopez-Capel E, Renforth P, Ascough PL, Manning DAC. Rapid removal of atmospheric CO₂ by urban soils. (2015). *Environmental Science & Technology*, 5, 49(9), 5434—40.

5. SUCCESS project; SUCCESS project; Newcastle University (ncl.ac.uk)

6. Jorat, ME, Kraavi, KE, Manning, DAC. (2022). Removal of atmospheric CO₂ by engineered soils in infrastructure projects. *Journal of Environmental Management*, 314, 115016.

LARGE-SCALE POST-WAR SOIL REMEDIATION WORKS IN KUWAIT

Miikka Tuomas Tunturi, M.Sc

*in Applied Environmental Geosciences, Lamor Corporation Plc
Finland, Porvoo*

E-mail: miikka.tunturi@lamor.com

Joint Venture KAK-LAMOR executes two contaminated soil remediation contracts between 2021 and 2026 in Kuwait. In total 26 million m³ of contaminated soil was originated in Gulf War 1990—1991, when Iraqi forces set ca. 700 oil wells on fire, opened oil well taps to cause oil floods, and spread Unexploded Ordnances (UXO's) into oil fields; USA-led troops pumped saline sea water and bombed oil fires to stop the fires. Large quantity of radioactive waste from uranium depleted bullets and missiles was spread during into environment. Funds for remediation projects have been collected after the war from Iraqi oil sales by United Nations. Kuwait Oil Company has set up Kuwait Environmental Remediation Program (KERP) to manage the use of funds and remediation works. KERP is in overall the largest environmental remediation project executed in history.

Enablings Works that were completed in early 2023 included high-resolution satellite imagery, ground-truthing to delineate boundaries and depths of contaminated soil by 1.2 m deep visual inspection pits every 300 m in total area of 20 km²; site soil characterization in grid of 200 m x 200 m of oil lakes and every 5,000 m³ of oil contaminated piles consisting of vast set analyzes (e.g. TPH HEM, CWG, SARA; heavy metals, nutrients, pH, salinity, BOD, TOC and geotechnical parameters); permitting (HAZOP, HAZID, PHSER, ESIA, HSE Studies), treatment studies in bench and field trial scale, survey of UXO's by geophysical equipment and disposal of UXO's using armored equipment in co-operation with Kuwait armed forces; construction of 1 km² and 1.5 km² treatment centres. Compared to earlier soil characterization campaign of 2016 a clear natural attenuation of oil contamination can be observed.

In two projects ca. 7 million metric tons of soil at dry oil lakes, wet oil lakes and oil contaminated pile features have been excavated and transported for treatment or disposal. TPH (HEM) concentration of soils have varied between 1 and to over 15 %, average near 3.5 %. Wet Oil Lake typology 4 and 5 features have been mixed with dry

contaminated soils to enable their processing. Other of the two projects included construction, operation and capping of 1.2 million m³ hazardous waste landfill.

Ca. 82 % of excavated soils in total more than 6.4 million tons have been remediated to Remediation Target Criteria (RTC) TPH (HEM) 1 %. Soil between TPH 1 and 7 % have been remediated using ex-situ windrows bioremediation method and soil with TPH >7 % using ex-situ soil washing method. Treated soil used mainly for revegetation of desert areas. Temperatures over +50 °C common in summer months in Kuwait have not stopped the remediation works.

Ca. 92 % of treated soil has been executed up solely with bioremediation. Autochthonous native microbial strains specific to each area have been extracted to produce microbial liquid for bioremediation. Organic agricultural by-products, inorganic nutrients and biosurfactant has been used as amendments. Bioremediation has included thousands of both field tests and laboratory analyzes of baseline, monitoring and verification samples. Windrow turners and excavators have been used for tilling and water tankers for irrigation. Bioremediation has consumed on average only 70 liters of water per ton. TPH biodegradation of TPH ca. 2,000 mg/kg per week has been reached by abiding to work program.

Soil washing effective feed capacity has been ca. 50—60 tons/hour. Proportion of waste residuals of soil washing has been ca. 25 % and water consumption ca. 250 liters of water per ton. Some of the treated soil and waste residuals of soil washing has been post-treated using bioremediation.

УДК 504.064.2 (477.54)

**ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ
МЕТАЛАМИ ҐРУНТІВ СХОДУ ХАРКІВЩИНИ
ПІД ВПЛИВОМ БОЙОВИХ ДІЙ**

Ю. В. Буц¹, д.т.н., професор, О. В. Крайнюк², к.т.н., доцент

¹Державний університет залізничного транспорту

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail: butsyura@ukr.net; alenauvarova@ukr.net

Збройна агресія на сході України спричинила значної шкоди довкіллю, зокрема ґрунтовому покриву у регіонах, які пережили значних інтенсивних обстрілів. Метою дослідження стала еколого-геохімічна оцінка забруднення важкими металами ґрунтів східної частини Харківщини під впливом бойових дій. Дослідження проводилися із використанням новітніх методів моніторингу і лабораторного аналізу, а також розрахунку рівня екологічного ризику забруднення важкими металами на території земель, що зазнали ракетних та артилерійських обстрілів.

Представлені результати досліджень наведені за підсумками комплексної експедиції, організованої в Ізюмському районі, на сході Харківської області. Цей регіон зазнав наймасштабнішого руйнування від артилерійських обстрілів і бомбардувань. Експериментальні дослідження проведені в лабораторії еколого-аналітичних досліджень на базі Науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» (УКРНДІЕП) (м. Харків). Ключовим методом визначення вмісту важких металів є атомно-абсорбційна спектроскопія (AAS), яка забезпечує високу достовірність та точність вимірювань. Аналіз виявив такі токсичні хімічні елементи як свинець (Pb), кадмій (Cd), мідь (Cu), нікель (Ni) і цинк (Zn), а також ряд супутніх важких металів (Fe, Cr, Mn). Це дозволило краще оцінити еколого-геохімічний фон.

Інтерпретація результатів дослідження ґрунтувалася на новітніх підходах до оцінки екологічного ризику. По-перше, розраховувався коефіцієнт забруднення (Contamination Factor, CF), який свідчить, у скільки разів концентрація ВМ перевищує природний геохімічний фоновий рівень. Потім обчислювався геоаккумуляційний індекс (Geoaccumulation Index, I_{geo}), що дозволяє установити, чи є підвищення вмісту ВМ результатом техногенного впливу, зокрема бойових дій. На заключному етапі рахувався інтегральний індекс потенційного екологічного ризику (Potential Ecological Risk Index, PERI). Цей показник вказує на токсичність окремого ВМ та прогнозує ймовірні наслідки його акумулювання для ґрунтового покриву.

Отримані дані комплексного польового і лабораторного дослідження еколого-геохімічного забруднення ґрунтів на сході Харківської області зосереджувались на землях, які суттєво постраждали від артилерійських та авіаційних обстрілів. Зразки ґрунтів були відібрані з 12 вирв вибухів на репрезентативних ключових ділянках Ізюмському району з використанням методів геоприв'язаного відбору зразків ґрунту. Як вже зазначалося, вміст важких металів: (Zn), свинцю (Pb), міді (Cu), нікелю (Ni), хрому (Cr), кадмію (Cd), ртуті (Hg) та інших визначені за допомогою атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Результати досліджень демонструють суттєві перевищення фонових рівнів для у ґрунтах, особливо таких важких металів як Zn, Pb та Cu. При цьому забруднення істотно корелює із складом боєприпасів і металевих уламків. Індикатори забруднення, зокрема коефіцієнт забруднення (CF), індекс геоаккумуляції (I_{geo}) та індекс потенційного екологічного ризику (PERI), свідчать про помірні екологічні ризики на досліджених землях. Максимальні значення PERI виявлялися в місцях безпосередніх бойових дій, що акцентує на довгострокових екологічних наслідках війни.

Розрахована еколого-геохімічна оцінка наголошує на необхідності впровадження інтелектуальної системи моніторингу довкілля та забезпечує

наукову базу для стратегій відновлення ґрунтового покриву у постраждалих від бойових дій регіонах.

УДК 579.26:502.3

ЗМІНИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ДІАЗОТРОФІВ У ҐРУНТАХ ПІСЛЯ РАКЕТНОГО УРАЖЕННЯ

А. В. Воробей¹, Ю. О. Воробей², к.б.н., старш. наук. співроб.,

О. В. Логоша³, доктор філософії, Г. В. Кальчицька¹

¹Чернігівський ліцей № 1 Чернігівської міської ради

*²Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового
виробництва НААН*

³Національний університет «Чернігівська політехніка»

E-mail: vorobeyanastasia7@gmail.com; yu.a.vorobey@gmail.com;

olha.lohoshka@gmail.com; gallochka2508@gmail.com

Воєнні дії зумовлюють інтенсивні процеси деградації ґрунтів на території України. Вибухове навантаження спричиняє порушення цілісності ґрунтового профілю, трансформацію його фізичних та хімічних властивостей, а також ініціює процеси техногенного забруднення. Концентрація свинцю, кадмію, міді та цинку у таких зонах може перевищувати допустимі норми в десятки разів і зберігатися у ґрунті десятиліттями. Ці зміни негативно впливають на ґрунтову мікробіоту — ключовий компонент біогеохімічних циклів і показник екологічного стану ґрунту. Особливо чутливими є азотфіксувальні мікроорганізми, які забезпечують фіксацію атмосферного азоту та його перетворення у доступні для рослин сполуки. Діазотрофи активно розвиваються в ґрунтах із достатнім умістом органічної речовини та низькою концентрацією токсичних елементів, тому їх чисельність стрімко зменшується за умов техногенного забруднення. Скорочення популяцій цих бактерій є інформативним показником деградації ґрунту, оскільки свідчить про порушення азотного циклу, зниження біопродуктивності та збіднення мікробного ценозу. Отже, оцінка чисельності діазотрофів може використовуватися як діагностичний критерій при екологічному моніторингу постраждалих ґрунтів.

У березні 2024 року внаслідок ракетного удару біля села Козилівка (Чернігівська область) зафіксовано масштабне руйнування ґрунтового покриву. Проби відбирали через 7 та 14 місяців у зоні ураження та на контрольній ділянці (500 м). Методом серійних розведень визначали чисельність діазотрофів. Для виявлення *Azotobacter* використовували метод «обростання ґрунтових грудочок» на селективному середовищі Ешбі.

Встановлено, що через 7 місяців після ураження чисельність азотфіксувальних бактерій на пошкодженій ділянці була меншою від контролю у

640 разів ($2,5 \times 10^3$ проти $1,6 \times 10^6$ КУО/г). Через 14 місяців рівень частково відновлювався, однак залишався у 40 разів нижчим за контроль. *Pseudomonas fluorescens* не були виявлені у пошкодженому ґрунті протягом перших 7 місяців; через 14 місяців їх чисельність відновилася лише частково. Бактерії роду *Azotobacter* характеризувалися найвищою чутливістю як біоіндикатори. У контрольному ґрунті частка «обростання грудочок» становила 86—100 %, тоді як в уражених зразках не зафіксовано жодної колонії ні через 7, ні через 14 місяців.

Отримані результати свідчать, що воєнні дії мають суттєвий деструктивний вплив на ґрунтові екосистеми насамперед через порушення структури мікробних угруповань. Значне скорочення чисельності азотфіксувальних мікроорганізмів у зоні ракетного ураження вказує на розлад азотного циклу та втрату здатності ґрунту до природного відновлення. Ключовим фактором повернення ґрунту до стану функціональної стабільності є відновлення його мікробіоти. Тому після техногенного впливу доцільним є впровадження систематичного мікробіологічного моніторингу та застосування біоремедіаційних заходів, зокрема внесення ефективних мікробних консорціумів. Діазотрофи здатні фіксувати атмосферний азот, синтезувати фітогормони та поліпшувати структурно-агрегатний стан ґрунту, що робить їх перспективними агентами для біологічної рекультивациі та відновлення деградованих територій.

УДК 504.53:630.11:623.45

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ҐРУНТИ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

О. М. Дацько, PhD, ст. викладач

Сумський національний аграрний університет

E-mail: datsko.oksana.nikol@gmail.com

Війна в Україні, що триває, демонструє масштабний і руйнівний вплив не лише на людське суспільство, а й на природні екосистеми. Якщо людська спільнота має можливість до тимчасової міграції, то рослинні угруповання, зокрема лісові масиви, залишаються беззахисними перед безпосереднім впливом бойових дій. Ця відмінність у реакції на зовнішній тиск визначає особливу вразливість екоценозів, що стає однією з найгостріших проблем сучасного екологічного дослідження. Лісові ґрунти піддаються надзвичайному антропогенному навантаженню, що у воєнний час посилюється внаслідок накопичення залишків відстріляних боєприпасів, які поєднують у собі спільну рису — загрозу забруднення лісових ґрунтів важкими металами чи іншими токсичними речовинами.

Тому метою дослідження було вимірювання та аналіз умісту важких металів у лісових ґрунтах, які постраждали від бойових дій, для ідентифікації хімічного забруднення як фактора деградації екосистем.

Відбір зразків ґрунту проводили влітку 2025 року на території с. Стецьківка Сумського району Сумської області на ділянці хвойного лісу з дерново-підзолистим піщаним ґрунтом, де було знищено склад боєприпасів. Відбір проводили із епіцентру вибуху, краю ураженої ділянки та за 50 м (контроль). Зразки ґрунту відбирали з глибини 0—15 см за допомогою металевого пробовідбірника. Для формування середньої проби в епіцентрі відібрано 5 точок, на краях та контролі — по 4 точки. Аналіз вмісту хімічних елементів виконувався рентгенофлуоресцентним методом за допомогою приладу Thermoscientific Niton XL2. Статистична обробка даних здійснювалася за допомогою програми Statistica 10.0 із застосуванням критерію Дункана для порівняння середніх значень.

Аналіз засвідчив, що вміст Плюмбуму, Купруму, Мангану, Феруму та Сірки досягає максимальних значень саме в епіцентрі вибуху, що підтверджує їхнє надходження з боєприпасів. Концентрація Fe в епіцентрі майже вдвічі вища, ніж у контрольних зонах. Статистичний аналіз за критерієм Дункана підтверджує, що для Pb, Cu, Mn, Fe, S та Zn різниця між епіцентром та іншими ділянками є статистично значущою ($p < 0,05$).

Концентрації Барію, Цирконію та Рубідію, навпаки, є найнижчими в епіцентрі. Вміст Стронцію найвищий в епіцентрі і суттєво знижується до краю/контролю, тоді як вміст Rb демонструє протилежну тенденцію. Для Ba, Zr, Rb та Sr встановлено статистично значущу різницю між ділянками ($p < 0,05$). Це свідчить про диференційований вплив вибуху на перерозподіл елементів, включаючи механічне розсіювання або вимивання з ураженої ділянки.

Отримані результати засвідчують, що бойові дії спричиняють деградацію лісових ґрунтів через їхнє хімічне та механічне забруднення. Виявлено значне накопичення важких металів, таких як Свинець і Мідь, а також Мангану, Заліза та Сірки в епіцентрі вибуху, що підтверджує їхнє надходження з боєприпасів. Забруднення токсичними речовинами становить довгострокову загрозу для екосистем, оскільки може пригнічувати життєдіяльність ґрунтової мікрофлори, порушувати природні біогеохімічні цикли та призводити до деградації лісових екосистем. Більш того, існує ризик міграції забруднювачів з ґрунту в підземні води. Отже, вибухи боєприпасів є серйозним чинником антропогенного впливу, що потребує подальшого моніторингу. Для вирішення цієї проблеми необхідним є впровадження комплексних заходів, включаючи фіторе mediaцію, рекультивацію та постійний моніторинг забруднених територій.

**ПРОЦЕСИ УЩІЛЬНЕННЯ ЧОРНОЗЕМІВ ТИПОВИХ ПІД ВПЛИВОМ
БОЙОВИХ ДІЙ ТА АГРОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

Ю. В. Дегтярьов, к.с.-г.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків

E-mail: degt7@ukr.net

У сучасних умовах трансформації землекористування фізичний стан ґрунтів стає одним із ключових індикаторів екологічної стабільності агроландшафтів. Особливої актуальності набуває дослідження процесів ущільнення, які не лише змінюють фізичні властивості ґрунту, а й впливають на його водний, повітряний та біологічний режими. Ущільнення ґрунту — це складний фізико-механічний процес, що супроводжується зменшенням порового простору, порушенням капілярної структури та зниженням здатності до інфільтрації води й газообміну.

Цей процес може мати різну природу: від природних чинників, таких як висихання, замерзання, біотурбація, до антропогенних — механічного тиску, обробітку, пересування техніки. Особливо небезпечним є техногенне ущільнення, спричинене бойовими діями, яке має не лише локальний, а й регіональний характер. Військова активність, що включає рух важкої техніки, будівництво фортифікацій, вибухи та тривале навантаження на ґрунт, призводить до глибоких змін його фізичних параметрів, які важко компенсувати звичайними агротехнічними заходами.

Також ущільнення ґрунту часто супроводжується зниженням біологічної активності, зменшенням умісту органічної речовини та порушенням мікробного балансу. Це насамперед впливає на родючість, водоутримувальну здатність і стійкість до ерозійних процесів. У довгостроковій перспективі такі зміни можуть призвести до втрати продуктивності ґрунтів і зниження екосистемних послуг, які вони забезпечують.

У межах дослідження проаналізовано чорноземи типові за різних умов землекористування: природний переліг, випалений переліг, ділянки дороги, розораної дороги, ріллі та місця стоянки техніки. Оцінювалися основні фізичні показники, що характеризують ступінь ущільнення та пористість ґрунту.

Природний переліг виявився найбільш стабільним варіантом — з оптимальною щільністю та високою пористістю, що забезпечує добру аерацію і водопроникність. Випалений переліг демонструє початкові ознаки деградації, з дещо ущільненим верхнім шаром, що може свідчити про руйнування органічної речовини.

Найбільш ущільненими виявилися ділянки дороги, де спостерігається значне зменшення порового простору, що є прямим наслідком багаторазового

пересування важкої військової техніки. Навіть у глибших шарах ґрунт залишається ущільненим, що свідчить про глибоку фізичну деградацію.

Розорана дорога частково демонструє ознаки відновлення у верхньому шарі, однак ущільнення зберігається на глибині, що свідчить про недостатню ефективність поверхневого обробітку. Рілля має задовільні фізичні показники у верхньому шарі, але проявляється диференціація профілю — формування плужної підшви, що обмежує доступність вологи для рослин.

Місце стоянки техніки характеризується ущільненням середніх шарів та зниженням пористості, що може бути наслідком тривалого тиску та забруднення паливо-мастильними матеріалами. Це поєднання чинників створює ризики для біологічної активності ґрунту.

Отже, природні екосистеми забезпечують найкращі умови для збереження фізичних властивостей ґрунту. Бойовий вплив призводить до суттєвого ущільнення, зменшення пористості та порушення водного і повітряного режиму. Агротехнічні заходи можуть частково компенсувати ці зміни, але їх ефективність залежить від глибини та інтенсивності попереднього впливу.

Комплексне дослідження фізичних показників ґрунту є необхідним для оцінки масштабів деградації та розроблення заходів для відновлення родючості українських чорноземів, особливо в умовах постконфліктного землекористування. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на інтеграцію агрофізичних, біологічних та хімічних індикаторів, що дозволить сформувати цілісну систему моніторингу та управління якістю ґрунтів у зонах ризику.

УДК 631.4:504.5:355.48(477.59)

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН ТА ДЕГРАДАЦІЮ ҐРУНТІВ
ЗЕМЕЛЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ СУМСЬКОГО
РАЙОНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Р. О. Запорожець, студент, І. І. Дубовик, старш. викладач

Сумський національний аграрний університет

E-mail: ivan.dubovyk@snaau.edu.ua

Рациональне управління лісовими ресурсами та їх стале використання неможливе без достовірних даних про стан земель, що отримуються під час лісової інвентаризації [1]. В умовах сучасних екологічних викликів та наслідків воєнної агресії ці матеріали стали базовим джерелом для розроблення ґрунтозахисних і відновлювальних заходів. Особливої актуальності це набуло для Сумського району, де у 2024 році провели масштабну інвентаризацію земель лісогосподарського призначення.

Метою дослідження є аналізування ролі інвентаризаційних даних у формуванні системи ґрунтозахисних заходів на основі конкретних просторових результатів інвентаризації в Сумському районі.

Дослідження ґрунтується на аналізуванні технічної документації інвентаризації 2024 року, виконаної за розпорядженням Сумської облдержадміністрації № 101-ОД. Застосовувалися методи просторового аналізу, зіставлення польової верифікації з даними ДЗЗ та ГІС-технологій для створення актуальної цифрової картографічної основи. Особливу увагу приділено 25 інвентаризованим ділянкам загальною площею 433 га на територіях п'яти територіальних громад.

Сумський район з лісистістю близько 6,5 % (нижче середньообласного показника) має підвищену чутливість до деградації ґрунтів і водної ерозії. Для району характерне різноманіття ґрунтово-ландшафтних умов: від піщаних ґрунтів, схильних до дефляції на півночі, до твердолистяних насаджень на схилах із водною ерозією в центральній та південній частинах.

Інтегровані дані інвентаризації та ДЗЗ дозволили ідентифікувати ділянки, що зазнали механічної деградації від воєнних дій, а також виявити невідповідності між фактичним станом земель і кадастровими даними [2]. Згідно з сучасними дослідженнями, бойові дії спричиняють багатофакторну шкоду, включаючи хімічне забруднення ґрунтів важкими металами, що особливо небезпечно для санітарно-захисних зон та прибережних смуг.

Під час інвентаризації виявлено близько 1500 га малопродуктивних земель, придатних для лісорозведення, що є пріоритетними для створення нових ґрунтозахисних насаджень [3]. Точне документування стану земель дозволяє планувати заходи для відновлення порушених екосистем, включаючи хімічну меліорацію та внесення мікробіологічних препаратів.

Інвентаризація земель лісового фонду Сумського району є не лише інструментом обліку, але й основою для оцінки воєнно-екологічних загроз. Створена цифрова модель лісових земель дозволяє визначати критично чутливі до деградації ділянки та забезпечувати науково обґрунтоване планування ґрунтовідновлювальних заходів, поєднуючи дані земельного обліку, лісовпорядкування та екологічні показники в єдину систему для сталого розвитку територій.

Література

1. Про затвердження Порядку проведення інвентаризації земель : наказ Державного агентства земельних ресурсів України від 25.12.2020 № 590. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0157-21#Text> (дата звернення: 02.11.2024)

2. Solokha, D., Pavlichenko, A., & Kovalchuk, V. (2024). Environmental consequences of military actions for soil cover: a case study of northeastern Ukraine.

Ukrainian Journal of Ecology, 14(2), 45-58. URL: <https://www.ujecology.com/articles/environmental-consequences-of-military-actions-for-soil-cover-a-case-study-of-northeastern-ukraine.pdf> (дата звернення: 02.11.2024)

3. Методичні рекомендації з проведення моніторингу деградованих та малопродуктивних земель (2022). Київ : Державний інститут земельних відносин. 67 с. URL: <https://dizr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/03/Metodychni-rekomendatsii-monitorynh-degradovanykh-zemel.pdf> (дата звернення: 02.11.2024)

УДК 332.3:631

ОСОБЛИВОСТІ ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДНОСИН В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*В. Єрмоленко, студентка, Н.О. Капінос, к.е.н., доцент
Сумський національний аграрний університет
E-mail: nataliia.kapinos@snaeu.edu.ua*

Земельні ресурси є стратегічною складовою економічної, екологічної та соціальної стабільності держави. В умовах воєнного стану, запровадженого в Україні з 2022 року, земельні відносини зазнали суттєвих змін. Воєнні дії вплинули не лише на правове регулювання, а й на фактичне використання земель, їх охорону та відновлення. Метою цього дослідження є аналізування сучасного стану земельних відносин, специфіки їх функціонування в умовах воєнного стану та окреслення перспектив відновлення після війни.

Сучасний стан земельних відносин в Україні.

Земельні ресурси є основою аграрного виробництва, формування продовольчої безпеки та територіального розвитку. До початку широкомасштабних воєнних дій площа сільськогосподарських угідь в Україні перевищувала 70 % усіх земель. У довоєнний період існували проблеми тіньового обігу земель, деградації ґрунтів, недосконалості кадастрової системи та недостатнього контролю за дотриманням екологічних норм.

Ринок землі з 2021 року став важливим етапом реформування земельних відносин, проте війна перервала цей процес. Значна частина угідь опинилася в зоні бойових дій або окупації, що призвело до руйнування інфраструктури, мінування та забруднення ґрунтів вибухонебезпечними речовинами та важкими металами.

Особливості земельних відносин в умовах воєнного стану.

Під час воєнного стану держава була змушена оперативно адаптувати земельне законодавство — спрощено порядок передачі земель державної та комунальної власності в оренду без аукціонів, передбачено можливість автоматичного продовження договорів оренди та відкладення окремих реєстраційних процедур.

На територіях, де ведуться бойові дії, питання використання та охорони земель мають особливе значення. Проблемами є мінування, руйнування меліоративних систем, втрата родючого шару та неможливість повноцінного контролю за правами власності. Водночас держава та міжнародні організації розробляють програми розмінування, екологічного моніторингу та рекультивації пошкоджених територій.

Соціально-економічні наслідки трансформації земельних відносин проявляються у скороченні виробництва, зменшенні доходів сільського населення, втраті робочих місць, але водночас зростає роль цифрових технологій, кадастрової прозорості та місцевого самоврядування у прийнятті рішень.

Перспективи відновлення та розвитку земельних відносин після війни.

Після завершення війни першочерговим завданням стане відновлення реєстраційних процедур, інвентаризація пошкоджених земель, оновлення кадастрових даних і створення правових механізмів компенсації збитків власникам і користувачам земель. Необхідно реформувати систему державного нагляду, посилити екологічний контроль і сприяти відновленню аграрного потенціалу країни.

Важливим напрямом є цифровізація управління земельними ресурсами. Використання геоінформаційних систем (ГІС), супутникового моніторингу та електронних кадастрових технологій сприятиме прозорості ринку землі, підвищенню ефективності контролю та планування територій.

Окремої уваги потребує екологічна реабілітація територій: рекультивація деградованих земель, очищення від боєприпасів, відновлення родючості ґрунтів та впровадження принципів сталого природокористування відповідно до європейських стандартів.

Висновок.

В умовах воєнного стану земельні відносини в Україні зазнали суттєвих трансформацій. Попри значні виклики, збереження прав власності, забезпечення екологічної безпеки та відновлення пошкоджених територій є ключовими завданнями державної політики. У післявоєнний період необхідно забезпечити комплексне реформування земельної сфери, спрямоване на підвищення її прозорості, цифрову трансформацію, охорону земельних ресурсів і сталий розвиток сільських територій.

**ОЦІНКА МАСШТАБІВ І ХАРАКТЕРУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ РУХОМИМИ СПОЛУКАМИ СВИНЦЮ**

Р.П. Паламарчук, О.М. Грищенко, к.с.-г.н., Д.С. Шляхтуров, к.с.-г.н

ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: info@iog.gov.ua

Бойові дії, пов'язані зі широкомасштабним вторгненням російської федерації на територію України, призвели до механічної, хімічної та фізичної деградації ґрунтів. Для обґрунтованої оцінки потенційних екологічних ризиків, спричинених забрудненням ґрунтів внаслідок бойових дій важкими металами, зокрема свинцем, необхідне системні моніторингові дослідження ґрунтового покриву.

Фахівцями ДУ «Держґрунтохорона» проведено відбір проб ґрунту і їх аналіз на вміст рухомих сполук свинцю на території Харківської області. Мета і завдання дослідження — встановити межі забруднення земель сільськогосподарського призначення рухомими сполуками свинцю, спричинені наслідками ведення активних бойових дій та оцінити перспективи їх подальшого використання.

Об'єктом досліджень були 318 проб ґрунту, відібраних із 16 земельних ділянок загальною площею 1389,3181 га, що зазнали впливу бойових дій на території Ізюмського, Харківського та Чугуївського районів Харківської області.

За результатами досліджень встановлено, що середньозважений вміст рухомих сполук свинцю у ґрунтах становить 1,37 мг/кг, що відповідає слабкому рівню забруднення, але наближеному до межі помірного забруднення. У межах досліджених ділянок значення варіювали від 1,08 до 1,93 мг/кг.

У межах елементарних ділянок уміст рухомих сполук свинцю варіював від 0,7 до 2,79 мг/кг. Переважна більшість обстежених земель характеризується слабким рівнем забруднення рухомими сполуками свинцю — 57,5 % від загальної площі. Ґрунти з помірним рівнем забруднення займають 41,8 % території, тоді як середній рівень зафіксовано лише на 0,1 % площі. Частка земель без ознак забруднення є незначною — до 1 %, що свідчить про помітний вплив бойових дій на верхній шар ґрунтового покриву досліджуваних територій Харківської області. Підвищені концентрації свинцю формувалися у місцях вибухів, руйнування інфраструктурних об'єктів або згоряння військової техніки.

Після бойових дій вміст сполук свинцю у ґрунтах збільшився в середньому на 0,43 мг/кг, що становить 42,6 % порівняно з фоновим рівнем довоєнного періоду. Підвищення концентрацій Рв зафіксовано на 15 із 16 досліджених ділянок, причому на восьми з них спостерігається перехід рівня забруднення зі «слабкого» до «помірного». Водночас на трьох ділянках, які до війни вважалися

чистими, зафіксовано слабе забруднення свинцем. Лише на одній ділянці вміст рухомих сполук свинцю залишився майже незмінним (–2 %).

Підвищення концентрацій свинцю загалом можна вважати помірним, що зумовлено агрохімічними властивостями чорноземів, зокрема високим вмістом гумусу (3,24—5,23 %), нейтральною або слаболужною реакцією ґрунтового розчину (рН 5,5—7,1), що сприяє фіксації Pb у важкорозчинних сполуках і знижує його рухомість у ґрунтовому профілі. Повторне залучення досліджуваних земель після завершення активних бойових дій до сільськогосподарського використання зумовило поступове переміщення свинцю у глибші горизонти, його часткове засвоєння рослинами та перерозподіл у ґрунтовому середовищі, що з часом знижує концентрації сполук Pb у верхньому орному шарі.

Отримані результати свідчать, що сучасний стан ґрунтів можна розцінювати як залишковий прояв воєнного впливу, наслідки якого поступово нівелюються під дією природних і антропогенних процесів. Для забезпечення екологічної безпеки агроландшафтів, відновлення родючості ґрунтів і запобігання накопиченню токсичних елементів необхідно впровадити систему моніторингових досліджень щодо визначення вмісту свинцю та інших важких металів у повоєнний період. Це дозволить оцінити динаміку рівнів забруднення, визначити зони потенційного ризику та розробити ефективні регіональні програми екологічної реабілітації земель.

УДК 631.4

ҐРУНТОВО-ВОЄННІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК ОКРЕМИЙ ВИД ҐРУНТОВИХ ОБСТЕЖЕНЬ

О. М. Підкова, к.геогр.н., доцент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

E-mail: oks_pidkova@ukr.net

В умовах російсько-української війни ґрунти України зазнають негативних впливів, спектр яких надзвичайно широкий. Забруднення важкими металами, паливно-мастильними матеріалами, залишками військової зброї і техніки, руйнування природного залягання окремих ґрунтових горизонтів чи й усього профілю ґрунтів через вибухи, обстріли, зведення фортифікацій, згорання під час пожеж органіки і біоти ґрунту, зміна кислотно-основних властивостей, гідрологічного, теплового, повітряного та інших режимів ґрунту — це далеко не повний перелік окремих деградаційних процесів, що відбуваються у ґрунтах внаслідок воєнних дій. І якщо раніше (з 2014 р.) ґрунти, що зазнавали такої шкоди, мали регіональне територіальне поширення в основному на Донбасі, то з початку повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України

прямих чи опосередкованих негативних впливів зазнає ґрунтовий покрив всієї країни.

Негативний вплив на ґрунти і ґрунтовий покрив внаслідок війни настільки значний, що науковці ввели до вжитку у ґрунтознавчу наукову термінологію новий термін — воєнна деградація ґрунтів, як означення всієї сукупності деградаційних процесів ґрунтів, поява і розвиток яких зумовлені власне воєнними діями [1].

Станом натеper вкрай актуальними є ґрунтово-картографічні дослідження, створення ґрунтових карт з фіксацією пошкоджень, яких зазнали ґрунти внаслідок воєнних дій, які у підсумку відображатимуть вплив воєнних дій на ґрунтовий покрив України. Такі дослідження, які вже проводяться фахівцями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського», Товариства дослідників України та ін. [1], потрібні як для картографування пошкоджених внаслідок воєнних дій ґрунтів, визначення окремих деградаційних процесів чи видів пошкоджень (їхньої площі, інтенсивності тощо), так і для розроблення програм післявоєнного відновлення ґрунтів, територій у цілому. І тут виникає питання: за якою методикою проводити такі дослідження?

Традиційно ґрунтово-картографічні дослідження диференціюються залежно від цільового призначення і ступеня інформативності відображуваного об'єкта [2]. Видами ґрунтових обстежень за призначенням є ґрунтово-географічні дослідження, ґрунтово-інженерні, ґрунтові обстеження з метою лісовпорядкування, проведення агролісомеліоративних заходів тощо. Окремо виділяють спеціальні види ґрунтових обстежень (ґрунтово-ерозійні, ґрунтово-екологічні тощо). До якого виду ґрунтових обстежень віднести картографічні дослідження ґрунтів, пошкоджених внаслідок війни? Мабуть, найбільш обґрунтованим буде віднести їх до спеціальних видів ґрунтових обстежень. Однак тут теж є питання методичного і технічного характеру.

Якщо розглядати ґрунти у межах усієї країни, то вони матимуть різний ступінь пошкоджень внаслідок війни — від умовно непошкоджених ґрунтів (Закарпатська, Чернівецька обл. та ін.) до майже знищеного ґрунтового покриву у районах активних бойових дій (Луганська, Донецька обл. та ін.). Окрему увагу слід приділяти дослідженню ґрунтів деокупованих, замінованих територій. Відповідно, традиційні підходи до проведення польових ґрунтових зніманих, зокрема вибір і обґрунтування масштабу знімання, закладання ґрунтових розрізів (основних, піврозрізів, прикопок), відбір зразків ґрунту для лабораторно-аналітичних досліджень потребують перегляду. У випадках, коли провести польові дослідження ґрунтів є фізично неможливим через безпекову ситуацію, особливої актуальності набувають дослідження ґрунтів за допомогою ПС-

технологій і даних ДЗЗ. Закономірно виникає питання доцільності виділення ґрунтово-воєнних досліджень як окремого виду ґрунтових обстежень.

Це зумовлено насамперед тим, що не можуть бути застосовані однакові підходи до польового дослідження і картографування ґрунтів у межах поодиноких виливів від ударів і вибухів ракет, БПЛА, авіабомб, з одного боку, і «випаленої землі», «місячних ландшафтів» — з другого. Якщо ґрунти забруднені уламками чи залишками зруйнованої, згорілої військової техніки, то за якою методикою відбирати зразки ґрунту для аналізів, щоб визначити, якими саме речовинами забруднені ґрунти, які критерії забруднення, до яких видів забруднень чи пошкоджень ґрунтів віднести їх? Якщо у ґрунтах зруйновано верхній гумусовий горизонт чи кілька горизонтів, то це розглядати як ерозійні процеси (деструктивні загалом) чи педотурбаційні, буде це коректним стосовно інших елементарних ґрунтових процесів, поява і розвиток яких зумовлена антропогенним фактором? Забруднення ґрунтів важкими металами внаслідок вибухів ракетного палива — це техногенне забруднення? Який радіус забруднення, напрямок поширення вибухової хвилі? Як картографувати фортифікаційні споруди і ступінь пошкодження ґрунтового покриття у місцях їх будівництва, особливо з огляду на всю складність і різноманітність таких споруд (окопи, траншеї, бліндажі тощо), який радіус впливу фортифікаційної споруди на ґрунтовий покрив й інші компоненти довкілля через трансформацію рельєфу, знищення рослинності, зміну гідрологічного режиму території тощо? Яка періодичність обстеження ґрунтів, що зазнали негативного впливу воєнних дій? Які заходи рекультивації, відновлення пошкоджених ґрунтів будуть доцільними на конкретних територіях відповідно до видів, масштабності пошкоджень? Як відновлювати ґрунтовий покрив у зонах активних бойових дій і чи взагалі це можливо (повне відновлення будови і властивостей ґрунтів, повернення їх до умовно природного довоєнного стану)? Як позначати різні деградаційні процеси ґрунтів, зумовлені власне воєнними діями, на загальній карті деградації ґрунтів України?

Це далеко не повний перелік питань, які є актуальними у ґрунтознавчій науці, зокрема ґрунтовій картографії у контексті реальності. Пошук відповідей на них та низки суміжних приводить до усвідомлення необхідності виділення ґрунтово-воєнних досліджень, як окремого виду ґрунтових обстежень. Розроблення теоретико-методичних засад цього виду обстежень повинно стати наріжним каменем, вирішенням питання проведення ґрунтово-картографічних досліджень ґрунтів і ґрунтового покриття територій, пошкоджених внаслідок воєнних дій.

Література

1. Підкова О. Актуальні теоретико-методичні питання дослідження воєнної деградації ґрунтів країни. 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. 200—208.

2. Папіш І. Я., Ямелинець Т. С. Практикум з картографії ґрунтів. Львів. 2009.

УДК 631.4

ЗМІНИ СТАНУ ҐРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ ПРОДУКТІВ РОЗКЛАДАННЯ ТІЛА ЛЮДИНИ

А. В. Ревтьє-Уварова, к.с.-г.н., старш. дослідник

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

E-mail: alina_rev@meta.ua

Серед масштабного руйнівного впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив країни, що проявляється в різних типах деградації, найбільш трагічним є те, що багато тіл людей залишається належно не похованими, особливо на лініях бойового зіткнення наших Захисників з окупантами. Цей факт диктує екологізований запит про те, які зміни відбуваються у ґрунті в безпосередній зоні знаходження тіла.

Для суто наукового обґрунтування цього специфічного і надчутливого питання, опрацьовано публікації дослідницьких установ, які називають «фермами тіл» (Body farm), де просто неба вивчаються процеси розкладання для розуміння, що відбувається з тілом людини після смерті та в місці (поруч з місцем), де лежить труп.

Розкладання тіла, що починається одразу після смерті людини, представляє собою складну комбінацію майже одночасних біохімічних і патологічних процесів, швидкість перебігу яких залежить як від природних чинників, так і морфологічних особливостей та ушкодженості тіла, що супроводжується надходженням у ґрунт специфічної рідини розкладання.

У місцях її просочування, які називають гарячими точками родючості (Fertility hot-spot), суттєво збільшуються вміст органічного вуглецю, сполук азоту та фосфору, висока концентрація яких (насамперед іонів амонію) призводить до «випалювання» всієї рослинності. Відбуваються зміни хімічного складу, змінюється рН та підвищується електропровідність ґрунту, простежуються функціональні та структурні зміни мікробних угруповань ґрунту та підвищення активності грибно-ї мікрофлори і мезофауни.

Вплив продуктів розкладання обмежується верхнім горизонтом ґрунту та латерально поширюється до 1 м по периметру тіла. Зміни параметрів ґрунтових показників, що зумовлені надходженням продуктів розкладання тіла людини,

мають тимчасовий характер, тривалість якого залежить як від генетичних особливостей ґрунту, так і морфологічних параметрів самого тіла та їх кількості.

Потенційні санітарно-епідеміологічні ризики становить тіло людини, яка мала інфекційні захворювання (ВІЛ, гепатит, COVID-19, сибірська виразка, бутулізм, черевний тиф, туберкульоз тощо), оскільки збудники цих хвороб можуть надходити з рідиною розкладання у ґрунт. Мінімальний негативний вплив на довкілля має розкладання тіла людини без певних інфекційних захворювань або стійких до антибіотиків бактерій.

З морально-етичної сторони нині першочерговим та гострим є питання евакуації та ідентифікації тіл полеглих захисників і цивільних для належного поховання та вшанування. Для цього в Україні діють пошукові групи гуманітарної місії «На Щиті», «Чорний тюльпан» та «Плацдарм», функціонування яких можна підтримати посильними донатами та волонтерством.

УДК 631.4

РОЗРАХУНОК РОЗМІРУ ШКОДИ, ЗУМОВЛЕНОЇ ЗАБРУДНЕННЯМ І ЗАСМІЧЕННЯМ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ, ДОПУЩЕНИХ УНАСЛІДОК ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ ТА БОЙОВИХ ДІЙ

К. В. Светов¹, О. М. Грищенко², к.с.-г.н., Т. О. Ільєнко²

¹Луганський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

²ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: k_svetov@ukr.net; grischenkoel@ukr.net; ilyenko4@ukr.net

Повномасштабна війна, що триває на території України, призвела до масштабних екологічних наслідків, серед яких одними з найбільш критичних є деградація земельних ресурсів та забруднення ґрунтів важкими металами, вибуховими речовинами, паливно-мастильними матеріалами й іншими токсикантами. Ґрунт є ключовим компонентом біосфери, який найповільніше відновлюється після антропогенних впливів, тому оцінка його стану та визначення шкоди, завданої внаслідок бойових дій, має стратегічне значення для екологічної безпеки, продовольчої стабільності та відновлення аграрного потенціалу держави.

Воєнні дії, що тривають уже майже чотири роки, призвели до суттєвого зростання площ деградованих і пошкоджених земель. Фахівці Луганського регіонального центру ДУ «Держґрунтохорона» активно беруть участь у роботі комісій з оцінки екологічних наслідків воєнних дій на території Луганської та Донецької областей, проводять польові обстеження, відбір проб ґрунтів, лабораторні аналізи та розрахунки розміру завданих збитків, а також здійснюють наукове обґрунтування заходів для відновлення родючості та екологічної стабільності пошкоджених земель.

За даними офіційного ресурсу Міндовкілля «ЕкоЗагроза», станом на 01.11.2025 загальна шкода, завдана земельним ресурсам України, перевищила 1,27 трлн грн, а площа засмічених земель становить понад 24,3 млн м². Ці показники постійно оновлюються, що свідчить про динамічний характер забруднення територій унаслідок воєнних дій.

Методологічною основою для визначення шкоди, завданої земельним ресурсам унаслідок бойових дій, є постанови Кабінету Міністрів України від 19 квітня 1993 р. № 284 «Про Порядок визначення та відшкодування збитків власникам землі та землекористувачам», від 20 березня 2022 р. № 326 «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» та наказ Мінприроди від 04.04.2022 № 167 «Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії і бойових дій під час воєнного стану».

Згідно з цією Методикою оцінка шкоди здійснюється незалежно від форми власності земельної ділянки та передбачає фіксацію факту забруднення, визначення масштабу пошкодження, відбір проб ґрунту, лабораторні дослідження й розрахунок збитків відповідно до чинних нормативів.

Для встановлення факту нанесення шкоди земельній ділянці необхідно здійснити такі дії:

- зафіксувати дату виявлення факту забруднення або засмічення земель;
- визначити місцезнаходження ділянки, її власника або користувача, а також кадастровий номер земельної ділянки;
- отримати інформацію про категорію земель за цільовим призначенням;
- встановити, чи належить земельна ділянка до категорії особливо цінних земель;
- зібрати матеріали, що підтверджують факт забруднення (фотофіксацію, акти обстеження, висновки експертиз, пояснення, довідки, інші офіційні документи);
- отримати дані нормативної грошової оцінки земельної ділянки, що зазнала забруднення (за наявності), у грн/м²;
- визначити площу забрудненої (пошкодженої) земельної ділянки, м²,
- відібрати зразки ґрунту для проведення лабораторних досліджень в акредитованих або уповноважених лабораторіях.

Цей перелік є обов'язковим для підтвердження факту завдання шкоди та проведення офіційного розрахунку збитків згідно з нормативно-правовими документами.

Показовим є приклад розрахунку збитків за засмічення земельної ділянки приватної особи у Волноваському районі, виконаний дистанційно (рис. 1).




ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА ІНСПЕКЦІЯ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА ІНСПЕКЦІЯ У ДОНЕЦЬКІЙ ОБЛАСТІ
вул. Тсатральна, буд. 18а, м. Костянтинівка, 85114, тел./факс (06264)7-02-55 e-mail: don@dei.gov.ua, код ЄДРПОУ 38034476

№ _____
від _____ 20__ р. _____
на № _____
від _____ 20__ р. _____

Шановна _____!

Державною екологічною інспекцією у Донецькій області у відповідності до Постанови КМУ від 20.03.2022 №326 «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» та «Методики для визначення шкоди зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів допущених унаслідок збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану», затвердженої Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04.04.2022 № 167, на підставі інформації наданої листом від 24.04.2023 №б/н, виконано розрахунок розміру шкоди зумовленої засміченням земельних ресурсів, внаслідок збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану.

Орієнтовний розмір шкоди внаслідок засмічення земель за адресою вул. _____, м. Вугледар Донецької області становить 20159928 грн. (Двадцять мільйонів сто п'ятдесят дев'ять тисяч дев'ятсот двадцять вісім гривень).

Вищезазначений орієнтовний розрахунок розміру шкоди внаслідок засмічення земель спрямовано до Державної екологічної інспекції України для подальшої фіксації, як факту негативного впливу на довкілля, внаслідок збройної агресії Російської Федерації проти України та до Донецької обласної прокуратури для відкриття кримінального провадження.

Додаток: Копія розрахунку орієнтовного розміру шкоди внаслідок засмічення земель на 3 арк.

**З повагою,
Начальник**

Олександр СВТУХОВ

Черняк Олег: 0953807288

ДЕІ у Донецькій області
2-1130/23 від 12.07.2023

 АСУД "ДОК ПРОФ 3"
ДЕІ у Донецькій області
2-1130/23 від 12.07.2023



Рис. 1. Довідка Державної екологічної інспекції у Донецькій області про розмір шкоди, зумовленої засміченням земельних ресурсів унаслідок збройної агресії та бойових дій

Орієнтовна площа засмічення, встановлена за результатами візуального аналізу, становила близько 100 м², а розмір збитків унаслідок забруднення ґрунту — 20159928 грн. Розрахунок здійснено Державною екологічною інспекцією на

основі матеріалів, наданих комісією місцевих органів влади, та став підставою для звернення до суду з метою відшкодування завданих збитків.

В умовах тривалої збройної агресії російської федерації фахівці Луганського регіонального центру ДУ «Держґрунтохорона» беруть участь у роботі міжвідомчих комісій, здійснюють моніторинг наслідків бойових дій, лабораторні дослідження та аналітичні оцінки, формуючи наукову та доказову базу для обґрунтованого відшкодування збитків, завданих земельним ресурсам України.

Результати цих досліджень є невід'ємною частиною системи екологічного моніторингу та основою для подальшого відновлення родючості і сталого управління деградованими територіями.

УДК 631.4

ВПЛИВ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ НА СТАН ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

В. П. Фесенко¹, В. О. Грищенко², М. В. Алексеєнко²

¹Донецький регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

²ДУ «Держґрунтохорона»

*E-mail: donetsk.gruntohorona@gmail.com; grischenkovich@gmail.com;
alekseenkomv@ukr.net*

Збройна агресія Російської Федерації проти України спричинила масштабну деградацію земельних ресурсів, зокрема земель сільськогосподарського призначення. Ґрунтовий покрив, як одна з найуразливіших і найповільніше відновлюваних складових природного середовища, зазнав значних механічних, хімічних і фізичних пошкоджень унаслідок бойових дій, вибухів, пересування важкої техніки, утворення воронки, згорання пально-мастильних матеріалів, а також потрапляння уламків металів і токсичних сполук.

Починаючи з 2014 року, землі Донецької та Луганської областей перебувають у зоні постійного воєнного навантаження, що призвело до втрати родючості, руйнування структури орного шару, розвитку ерозійних процесів і суттєвого зниження продуктивності агроландшафтів. Після 2022 року ситуація різко загострилася — значна частина угідь опинилася на тимчасово окупованих територіях або безпосередньо в зоні активних бойових дій. На деокупованих територіях, зокрема у Лиманській, Святогірській та Великоновосілківській громадах, землі залишаються замінованими, а великі площі зайняті фортифікаційними спорудами, що унеможлиблює їх використання за цільовим призначенням.

Унаслідок підривів дамб, водосховищ і гідротехнічних споруд частина земель була тимчасово затоплена, що призвело до змиву родючого шару ґрунту,

зміни гідрологічного режиму, вторинного засолення та заболочення територій. Тривалі бойові дії унеможливають проведення своєчасного агротехнічного обробітку, що сприяє засміченню земель бур'янами, розвитку водної та вітрової ерозії, а також повному припиненню робіт із меліорації, зрошення та осушення.

За статистичними даними у 2021 році землі сільськогосподарського призначення в Донецькій області займали близько 16,5 млн га (16500 км²), що становить приблизно 55 % від загальної площі області. Однак унаслідок війни посівні площі скоротилися майже на 80 % порівняно з довоєнним рівнем — з 1,41 млн га у 2021 році до 313 тис. га у 2025 році. У 2022 році площі посівів становили 406 тис. га, у 2023 році — 364 тис. га, а у 2025 році — лише 313 тис. га. Натепер близько 59 % території області перебуває під окупацією.

Значна частина сільськогосподарських земель не обробляється через безпосередню близькість до лінії фронту — так звана «сіра зона». Тут неможливо проводити господарську діяльність через постійну небезпеку вибухів, мінування та руйнування інфраструктури. Замінованими залишаються майже всі деокуповані землі Лиманської та Святогірської громад, а також частини Великоновосілківської громади.

Дані про площі пошкоджених або забруднених земель постійно змінюються разом зі зміною лінії бойового зіткнення. Вже протягом майже чотирьох років землі сільськогосподарського призначення області зазнають постійних механічних і хімічних ушкоджень, у тому числі від невідомих речовин вибухового чи техногенного походження. Це призводить до руйнування, втрати структури та зниження родючості орного шару ґрунту.

Також бойові дії спричиняють накопичення у ґрунтах важких металів, залишків вибухових речовин і продуктів горіння техніки, що формує нові техногенно-забруднені ландшафти. Такий комплексний вплив не лише знижує врожайність, але й створює потенційну небезпеку для екологічного стану території та здоров'я населення.

Отже, воєнні дії є однією з головних причин деградації ґрунтів сходу України. Масштаби завданої шкоди є надзвичайними, а оцінити її у повному обсязі в сучасних умовах майже неможливо. Водночас системне проведення еколого-агрохімічного моніторингу, лабораторних досліджень і картографування забруднених територій є необхідною умовою для подальшої оцінки збитків, розроблення програм відновлення родючості та забезпечення сталого використання земель після завершення воєнних дій.

УДК 504.5:662.215

ЗАЛИШКОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

В. В. Дудар, аспірант

Державне некомерційне підприємство «Державний університет

«Київський авіаційний інститут»

E-mail: mister-vlad@ukr.net

Вибухові речовини є основним уражаючим елементом майже всіх вибухонебезпечних предметів, і зазвичай містять вуглеводень, водень, азот і кисень. Для вибухових речовин характерні два режими вибухового перетворення: детонація (high-order) і горіння (low-order або дефлагація). За реакції детонація поширюється дуже швидко (приблизно швидкість звуку), залежно від типу вибухової речовини, властивостей і розмірів заряду. Вибухові речовини перетворюються в продуктах вибуху не миттєво, тому в продуктах вибухового перетворення завжди є частинки вибухових речовин та їх компонентів, що не прореагували. Ці частинки потрапляють у вибухову хвилю, їх енергія стає марною, і виникають так звані хімічні втрати. Детонація має місце, коли ВВП спрацьовує штатно і щонайменше 99,999 % вибухової речовини беруть участь у енергетичному перетворенні. Зазвичай за детонації хімічні втрати, тобто забруднення довкілля, становить менше за 0,001 % від загальної маси вибухової речовини. Тому у вирвах, або коли відбулася детонація, залишкове забруднення буде мінімальним.

Проте слід враховувати, що навіть під час випробування зброї чи проведення військових навчань, відбуваються часті випадки нештатного спрацювання ВВП, коли у процесі детонації бере участь не вся маса вибухової речовини, або коли відбувається не детонація, а дефлагаційний тип горіння, або детонація не відбувається зовсім і пошкоджується корпус ВВП із подальшим його розсіюванням у довкіллі. У військовій справі існує поняття коефіцієнт відмови (dude rate). Для більшості ВВП ця цифра має обмежений доступ, тому будуть вказані усереднені показники. Сучасні боєприпаси НАТО зазвичай мають досить низький коефіцієнт відмови - 0,1—2 %. Радянські / російські боєприпаси (особливо 70-х, 80-х років XX сторіччя) мають зазвичай вищий коефіцієнт 2—7 %, але в окремих партіях він може сягати 15 %. Проте в реальних бойових умовах внаслідок інтенсивного використання, зберігання боєприпасів у польових умовах, погано навченого особового складу, зношування стволів, погодні умови тощо коефіцієнт відмови може становити 20 % і вище. В середньому за такої ситуації у довкілля потрапить 25—75 % від загальної маси вибухової речовини залежно від типу спрацювання. Залишки одного ВВП із дефлагаційним горінням

можуть забруднити таку ж зону ураження, як 100000 боєприпасів, що спрацювали штатно. Основне забруднення буде не у вирвах, а в місцях розсіювання вибухової речовини.

Водночас слід пам'ятати, що під час дефлагації вибухові речовини можуть трансформуватися у продукти перетворення (горіння). Властивості продуктів перетворення, характерних при детонації чи дефлагації порохових сумішів, а також перебування вибухових речовин у довкіллі до цих пір маловивчені, тому розрахунок складу продуктів трансформації зазвичай носить гіпотетичний характер. Також склад істотно залежить від умов застосування ВНП, що ускладнює задачу. Саме тому трапляються випадки, коли залишкове забруднення його не виявляється, оскільки проводилася ідентифікація вихідної вибухової речовини, а не продуктів її трансформації.

Для прикладу, 152-мм осколково-фугасний постріл ВОФ39 для 2А26 «Гіацинт-Б» має масу снаряда 46 кг, порохової суміші типу А-ІХ-2 (гексоген — 80 %, алюміній — 20 %), що має вагу 6,73 кг. За його детонації у ґрунт потрапить до 67 г вибухової речовини, за нештатного спрацювання — приблизно 1,7 кг, а якщо не спрацює, із пошкодженням корпусу - майже вся вибухівка.

Також потрібно врахувати кількість пострілів. Зафіксовані випадки застосування 350 артилерійських пострілів на 1 км лінії бойового зіткнення за одну добу. Генеральний штаб ЗСУ поінформував, що у липні 2025 року, коли на лінії бойового зіткнення домінують дрони, російські підрозділи застосовували 25 тисяч пострілів на добу. Для порівняння, в І кварталі 2022 року застосовували 67 тисяч артилерійських пострілів на добу.

Через таку інтенсивність бойових дій, Україна вважається однією із найбільш забруднених територій ВНП у світі. Проте через високу інтенсивність бойових дій та їх значну тривалість слід враховувати залишкове забруднення від ВНП, тобто те забруднення, яке залишається і несе ризики після вилучення ВНП в рамках проведення протимінної діяльності. Забруднення вибуховими речовинами нестиме основний ризик залишкового забруднення від ВНП не тільки через його кількість, а і токсичність більшості вибухових речовин та продуктів його перетворення як для людей, так і для довкілля.

При дослідженні забруднення необхідно застосовувати скринінгові прилади, які допоможуть виявляти продукти трансформації вибухових речовин, ознайомлюватися із документацією операторів протимінної діяльності, оскільки це дасть повну картину про кількість та типи ВНП, які були вилучені із кожної конкретної ділянки.

СЕКЦІЯ 2. ҐРУНТ І КЛІМАТ: АДАПТАЦІЯ АГРОЕКОСИСТЕМ ДО ЗМІН SECTION 2. SOIL AND CLIMATE: ADAPTING AGROECOSYSTEMS TO CHANGE

SEQUESTERING ORGANIC CARBON IN SOIL: DISTINGUISHING BETWEEN EVIDENCE-BASED REALITY AND WISHFUL THINKING

David Powlson

Lawes Trust Senior Fellow

Rothamsted Research, UK

E-mail: david.powlson@rothamsted.ac.uk

Soils used mainly for arable cropping inevitably have a lower soil organic carbon (SOC) content than the same soil under natural vegetation and the decline following initial clearance continues for many years (Powlson *et al.* 2022). Thus arable cropping is almost always conducted on soils that are less than ideal, especially with respect to physical conditions.

Soil organic carbon, soil health and agricultural sustainability

The term “soil health” has become popular. It is useful for communication with non-specialists including policymakers but is best regarded as a useful metaphor rather than a scientific concept or measurable parameter (Powlson, 2021; Janzen *et al.*, 2021). Farmers know it is important to maintain or increase SOC because of its beneficial impacts on soil properties but this goal is often difficult to achieve. Practices to increase SOC are well known and form part of “regenerative agriculture”: e.g. reduced tillage, including periods of pasture in arable rotations, adding manures, growing cover crops, introducing agroforestry. However, there are often financial or practical barriers to farmers adopting these practices. For long-term sustainable food production it is essential for policies to be developed that enable farmers to change practices, even if there is little obvious benefit for them in the short-term. Even small SOC increases can be beneficial for soil physical properties.

Increasing SOC as a strategy to mitigate climate change

In principle, soils now low in SOC due to long-term cropping have potential to regain the lost C, but only if removed from agriculture. Globally there is limited scope for this because of the need for food production. The difference between theoretically potential SOC gain and that practically achievable, plus some optimistic extrapolations from short-term studies, has led to confusion and widely differing estimates for SOC sequestration. The “4 per mille” initiative (<https://4p1000.org>) promotes the goal of increasing SOC by 0.4 % of initial value annually. It has been helpful in drawing attention to soil management but the desired rate of SOC increase is often unachievable in practice (e.g. Bruni *et al.*, 2021; Poulton *et al.*, 2018). I regard the estimate of Janzen *et al.* (2022) as realistic: it is that the maximum achievable C sequestration in arable

soils globally is 0.1—0.2 Gt C yr⁻¹, equivalent to about 1.5 % of current anthropogenic emissions. This is one tenth of many other estimates. Any SOC increases are welcome, especially for soil health and agricultural sustainability. But a strong implication is that, for mitigating climate change, it is more important to minimise C loss from current large SOC stocks by stopping deforestation, destruction of natural grasslands and drainage of peats and wetlands.

References

Bruni, E., Guenet, B., Huang, Y., Clivot, H., Virto, I., Farina, R., Kätterer, T., Ciais, P., Martin, M., Chenu, C. (2021). Additional carbon inputs to reach a 4 per 1000 objective in Europe: feasibility and projected impacts of climate change based on Century simulations of long-term arable experiments, *Biogeosciences*, **18**, 3981—4004. <https://doi.org/10.5194/bg-18-3981-2021>

Janzen, H.H., Janzen, D.W., Gregorich, E.G. (2021). The ‘soil health’ metaphor: Illuminating or illusory? *Soil Biology and Biochemistry* **159**, 108167. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108167>

Janzen, H.H., van Groenigen, K.J., Powlson, D.S., Schwinghammer, T., van Groenigen, J.W. (2022). Photosynthetic limits on carbon sequestration in croplands. *Geoderma* **416**, 115810. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115810>

Poulton, P., Johnston, J., Macdonald, A., White, R., Powlson, D. (2018). Major limitations to achieving “4 per 1000” increases in soil organic carbon stock in temperate regions: Evidence from long-term experiments at Rothamsted Research, United Kingdom. *Global Change Biology* **24**, 2563—2584. <https://doi.org/10.1111/gcb.14066>

Powlson DS. (2021). Is ‘soil health’ meaningful as a scientific concept or as terminology? *Soil Use & Management*. **37**, 403—405. <https://doi.org/10.1111/sum.12721>

Powlson, D.S., Poulton, P.R., Glendining, M.J., Macdonald, A.J. and Goulding, K.W.T. (2022). Is it possible to attain the same soil organic matter content in arable agricultural soils as under natural vegetation? *Outlook on Agriculture* **51**, 91—104. <https://doi.org/10.1177/00307270221082113>

EUROPEAN UNION MISSION „A SOIL DEAL FOR EUROPE“

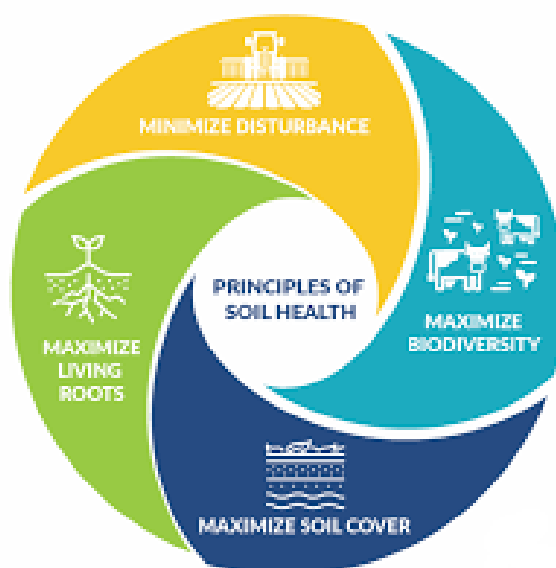
Jaroslava Sobocká

National Agricultural and Food Center — Research Institute of Soil Science and Soil Protection, Bratislava

E-mail: jaroslava.sobocka@nppc.sk

EU Mission A Soil Deal for Europe is one of the five missions linking EU's research and innovation to major societal needs; with strong visibility and impact. Soils support ecosystem services and provide vital functions: i) producing nutritious and safe food, ii) hosting biodiversity, iii) purifying and regulating water, thus providing protection from droughts and floods; iv) cycling nutrients; v) storing and cycling carbon, supporting climate mitigation and adaptation; vi) supporting human activities,

landscapes and cultural heritage. Soil is a finite resource, meaning its loss and degradation is not recoverable within a human timespan. Soils are threatened: 60-70% of soils in Europe are considered to be unhealthy due to current management practices, pollution, urbanisation and the effects of climate change. An analysis of the state of soils in Europe has shown that 60-70% of soils can be considered unhealthy. This is a direct result of current land management practices. Health is also affected by the indirect impacts of air pollution and climate change. The intensive use of land resources has its consequences and the benefits gained from land have overshadowed the urgent need to care for soil health. The increasing demand for building land and infrastructure is taking up large areas of fertile land. The cost of soil degradation in the EU exceeds €50 billion per year. EU In Slovakia the percentage of threatened soil is approximately 45—55 % predominantly agricultural land.



Living labs present a new concept of research project which active involvement of (end) users in the activities of living laboratories so that they can have a clear impact on the innovation process; co-creation, joint design and joint development of solutions; testing and experimentation in real conditions; the participation of a large number of stakeholders (e.g. including the involvement of land managers, technology providers, service providers, relevant institutional actors, professional or residential end-users), use of multiple methods and tools from different discipline. Lighthouses are individual, local sites that key places for demonstration of solutions, training and communication, which are exemplary in their performance and record improvement in terms of soil health (one farm, one logging, one industrial area, one urban green, etc.). They can include in the life of the laboratory or to be outside the living laboratory space. After all, all living lab experimental sites strive to achieve beacon performance and become demonstration examples. As an example, is regenerative agriculture which still has a

long way to go if it can offer an alternative to current conventional agriculture. But it is equally clear that it is a source of important ideas that can offer farmers new profitable and environmentally friendly economic models.

The main objectives of the mission are:

1. Reduce land degradation, including desertification and salinization;
2. Conserve and increase soil organic carbon stocks;
3. Reduce land development and increase inner-city development for urban development;
4. Reduce soil pollution and improve its restoration and regeneration;
5. Reduce soil erosion processes;
6. Improve soil structure in order to create a quality medium for living organisms and crops;
7. Reduce global impacts on soil arising from the import of crops or materials within the EU;
8. Increase awareness and knowledge about soil in EU member states.

Useful links:

- Mission *A Soil Deal for Europe* webpage — <http://ec.europa.eu/mission-soil>
- Mission *A Soil Deal for Europe* Implementation Plan — [EU Mission Soil Deal for Europe Implementation Plan \(europa.eu\)](http://ec.europa.eu/mission-soil/implementation-plan)
- Mission *A Soil Deal for Europe* factsheet — [EU missions - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](http://ec.europa.eu/mission-soil/factsheet)
- Mission *A Soil Deal for Europe* - Living Labs factsheet — [EU mission, soil deal for Europe - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](http://ec.europa.eu/mission-soil/living-labs)
- EU Missions — [EU Missions in Horizon Europe | European Commission \(europa.eu\)](http://ec.europa.eu/mission-soil)
- Video EU Mission „A Soil Deal for Europe” — <https://youtu.be/3hPlZqwwhhM>

NEW OPPORTUNITIES FOR UKRAINIAN SCIENTISTS IN SOIL PROTECTION RESEARCH UNDER THE EU HORIZON EUROPE PROGRAMME AND THE EU MISSION «A SOIL DEAL FOR EUROPE»

V. Malyarenko,

*National Contact Point for the Framework Programme «Horizon Europe»,
Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve*

Introduction. The conservation and restoration of soils today represent one of the key components of agricultural adaptation to climate change, ensuring food security and preserving biodiversity. For Ukrainian researchers, new opportunities for collaboration are emerging within the EU's framework programmes, particularly *Horizon Europe*, as well as through thematic initiatives such as the *EU Mission “A Soil Deal for Europe.”*

This report analyses the main funding instruments, thematic priorities, practical steps for successful participation, and recommendations for strengthening the capacity of Ukrainian scientists.

Where to find funding: instruments and priorities. The *Horizon Europe* programme offers several types of grants relevant to soil research:

- RIA (Research and Innovation Actions) — fundamental and applied research; suitable for studying soil degradation processes, biogeochemical cycles, and fertility restoration.

- IA (Innovation Actions) — demonstration and pilot projects; useful for testing agroecosystem solutions and regenerative agriculture technologies.

- CSA (Coordination and Support Actions) — coordination, networking, creation of platforms and best-practice guidelines.

- MSCA (Marie Skłodowska-Curie Actions) — researcher mobility, individual fellowships, and training networks; essential for capacity building in soil science.

- EIC and other innovation grants — for the commercialization of soil monitoring and management technologies.

The *EU Mission “A Soil Deal for Europe”* focuses on practical solutions to restore soil health, promote sustainable practices, support policymaking, and raise awareness. Projects under the Mission encourage multidisciplinary approaches, the scaling-up of local initiatives, and the involvement of local communities and farmers.

Opportunities for Ukrainian scientists:

1. International consortia. Ukrainian research institutions can participate as partners, offering unique research sites — extensive areas of natural and agricultural ecosystems, diverse soil types, and zones with varying degrees of anthropogenic impact (particularly within the Polissya region).

2. Networks and platforms. Participation in the creation of shared databases, GIS systems, and remote sensing networks allows the integration of national data into European initiatives.

3. MSCA and exchanges. These programmes offer scientists opportunities to enhance their qualifications, gain experience in EU laboratories, and transfer knowledge back to Ukraine.

4. Pilot projects (IA). Implementation of regenerative agriculture, agroforestry, biochar application, and microbial soil restoration techniques on Ukrainian test sites.

Challenges and barriers:

- Administrative capacity. Preparing EU-format proposals requires experience with the *impact* logic, work packages, deliverables, and GA budgeting rules.

- Data infrastructure. There is a need for standardized data collection methodologies and compliance with the EU's FAIR data principles (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable).

- Financial stability. Some grants require co-financing or guarantees, which may pose difficulties for individual Ukrainian institutions.

- Communication with farmers and authorities. The success of pilot projects depends on the involvement of local communities and political support.

Practical recommendations

1. Build multidisciplinary consortia. Combine ecologists, agronomists, soil scientists, remote sensing experts, sociologists, and economists.

2. Focus on impact. Clearly define expected ecological, social, and economic outcomes, scaling strategies, and stakeholder engagement plans.

3. Ensure alignment with the Mission. Emphasize the project's contribution to the *Soil Deal for Europe* objectives and demonstrate practical restoration scenarios.

4. Enhance institutional capacity. Use MSCA opportunities, NCP trainings, project-writing workshops, and involve university research and grant offices.

5. Improve data access and infrastructure. Develop shared soil data platforms, agree on common data collection methodologies, and implement metadata standards.

6. Engage practitioners. Ensure the participation of farmers, local communities, and NGOs from the earliest stages of project development.

Conclusion. The *Horizon Europe* programme and the *Soil Deal for Europe* Mission create real opportunities for Ukrainian researchers — from participation in research networks to implementing innovative pilot projects within Ukraine. Key success factors include strengthening project management capacity, integrating national soil data into European platforms, building active international consortia, and close collaboration with practitioners.

It is recommended to invest systematically in proposal preparation, data standardization, and the development of effective partnerships — only then will Ukrainian science be able to fully benefit from the EU's financial and research opportunities in the field of soil protection and restoration.

УДК 631.452 (477.87)

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ю. Ю. Бандурович, І. В. Комар

Закарпатський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: roduchistt@ukr.net

Природні умови Закарпатської області характеризуються значною різноманітністю, що спричиняє диференціацію формування ґрунтового покриву у

гірській, передгірській та рівнинній території. Загалом ґрунти області сформувалися в умовах помірного клімату з достатнім зволоженням, тому переважають різновиди дерново-підзолистих ґрунтів на низині, буроземно-підзолисті у передгір'ї та бурі гірсько-лісові на гірській території. Дослідження проводилися у рамках еколого-агрохімічного обстеження земель області.

За результатами агрохімічного обстеження в області нараховується 66,1 % кислих ґрунтів від загальної обстеженої площі. Причому, значну частку площ (49,72 тис. га, або 24,6 %) займають землі з дуже сильно- та сильнокислою реакцією ґрунтового розчину. Майже однакову частку займають ґрунти із середньокислою (21,4 %) та слабкокислою (20,1 %) реакцією ґрунтового розчину. За останні п'ять років частка близьких до нейтральних і нейтральних ґрунтів майже не змінилася, однак з'явилися ґрунти із слабо- і середньолужною реакцією. Середньозважений показник pH_{KCl} залишився на рівні слабкокислої реакції ґрунтового розчину і становить 5,24 од. pH.

Проблема гумусу для ґрунтів Закарпаття надзвичайно важлива, оскільки велика кількість опадів (більше 750 мм на рік) сприяє його вимиванню, особливо на схилових землях. Динаміка розподілу площ сільськогосподарських угідь за вмістом гумусу показала, що найбільша частка земель має середній рівень гумусу (40,4 %). Ще 30,5 % земель містять підвищений (18,5 %), високий (7,8 %) та дуже високий його вміст (4,2 %). Однак майже третя частка земель (29,1 %) недостатньо забезпечена гумусом і має низький та дуже низький його вміст. Середньозважений показник гумусу загалом по області становить 2,73 %.

Сполуки азоту, що легко гідролізуються, містять резерв для поповнення мінеральних форм азоту (NH_4 і NO_3), які доступні для рослин, і характеризують забезпеченість ґрунту азотом протягом усього періоду вегетації. Загалом по області цей показник поліпшився і за середніми даними відповідає низькому забезпеченню (107,23 мг/кг). Виходячи із отриманих результатів забезпеченості ґрунтів загальними запасами та рухомими формами сполук легкогідролізованого азоту, виявилось, що він є найбільш дефіцитним елементом живлення рослин у ґрунтах Закарпаття.

Простежуючи динаміку розподілу площ сільськогосподарських угідь за вмістом рухомих сполук фосфору встановлено, що переважають ґрунти з дуже низьким (26,7 %) та низьким умістом (15,5 %), що загалом становить 42,2 %. Майже четверту частину (23,6 %) займають ґрунти із середнім умістом фосфору. Решта площ розподіляється між підвищеним, високим та дуже високим його вмістом. Середньозважений вміст рухомих сполук фосфору загалом по області становив 88,4 мг/кг ґрунту, що протягом десяти років досліджень відповідає середній забезпеченості.

Аналізуючи стан ґрунтів області стосовно сполук рухомого калію, констатуємо, що калійний режим ґрунтів загалом по області задовільний. Середньозважений показник умісту калію по області відповідає підвищеному рівню забезпечення і становить 139,4 мг/кг.

На основі проведених досліджень нами встановлена агрохімічна та еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів області за останні роки досліджень. Адже однією з головних умов економічно обґрунтованої ціни на землю є точне визначення її якості, тобто родючості ґрунту.

На основі проведених досліджень виявлено, що найбільшу площу займають ґрунти середньої якості 105,3 тис. га, або 52 %. Трохи меншу частину площ займають ґрунти низької якості — 83,53 тис. га, або 41,3 %. На ґрунти високої якості припадає 13,34 тис. га (6,6 %). Загалом поліпшення якісної оцінки ґрунтів відбулося, в основному, через зменшення обстежених площ, де перевагу віддавали більш родючим ґрунтам, а також завдяки поліпшення показників родючості ґрунтів області.

УДК: 631.445.3(23.04):477.87

ДЕРНОВІ БУРОЗЕМНІ ҐРУНТИ ЗАКАРПАТСЬКОГО ПЕРЕДГІР'Я

Ю. Ю. Бандурович, Ю. В. Околюдько, З. В. Бойко

Західний міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: obl-rod@ukr.net

Дернові глеєві ґрунти характеризуються акумулятивним типом нагромадження гумусу у верхній частині профілю і поступовим зменшенням його з глибиною та розвиненим глейовим процесом. Формуються в Закарпатті на слабо дренованих територіях з близькими до поверхні ґрунтовими водами під лучно-болотною рослинністю на різних ґрунтотворних породах. За морфологічною будовою профілю їх поділяють на модальні з недиференційованим профілем і глейово-елювіальні, в яких на глибині 25—35 см і глибше формується елювіальний горизонт унаслідок застою та сезонної пульсації ґрунтових вод.

Досліджувані нами ґрунти знаходяться в межах Хустської міської громади Закарпатської області. Південна частина ділянки примикає до каналу; за рельєфом ділянка не вирівняна — помітне підвищення з слабшою рослинністю, в центрі ділянки — западина з гігрофітами, як і на межі каналу. Загальна крутість схилу 2—3°, підвищення — 3—5°. Рослинний покрив на досліджуваній ділянці різноманітний і представлений переважно злаковою рослинністю, рідше трапляються бобові та бур'яни. За районуванням територія належить до Іршавсько-Тячівського природно-сільськогосподарського району, передгірного

агрокліматичного району з м'яким теплим кліматом, тривалим безморозним періодом, значним зволоженням.

На досліджуваній території закладено 1 повнопрофільний розріз та 3 прикопки, проведено відбір ґрунтових зразків за генетичними горизонтами для визначення агрохімічних показників. Лабораторні дослідження проводили в лабораторії Західного міжрегіонального центру ДУ «Держґрунтохорона» за стандартними методиками. Ґрунт досліджуваної ділянки відноситься до дернових глейових осушених важкосуглинкових ґрунтів (шифр агровиробничої групи 179е). Проте виявлено неоднорідність ділянки, ускладнену наявністю ареалів дерново-буроземного та підзолисто-буроземного оглеєного ґрунту.

З'ясовано, що ґрунт характеризується середньою родючістю з низьким та середнім умістом гумусу. У орному шарі гумусового горизонту (Н) гумусу від 1,88 % до 2,26 %, в середньому по ділянці 2,1 %; у гумусо-елювіальному (НЕ) — 0,9 %. Тобто, товщина шару вмістом гумусу більше 1 % становить 16 см. Глибше 16 см уміст гумусу знижується і становить менше 1 %.

Реакція ґрунтового розчину коливається від сильно- до середньокислої (рН 4,2—5,0), в середньому 4,6 одиниці. Вміст алюмінію у ґрунті до 6 мг-екв., що ускладнює природу кислотності, а також зменшується доступність елементів живлення рослинам, їх міграційна здатність. Гідролітична кислотність у межах 4,14—5,26 мг-екв./100 г ґрунту.

Забезпечення ґрунту азотом становить від 86 мг/кг до 112 мг/кг (дуже низьке і низьке забезпечення), рухомим фосфором 19—39 мг/кг (дуже низьке і низьке), обмінним калієм — 34—56 мг/кг ґрунту (низьке та середнє), рухомою сіркою — менше 3,1 мг/кг ґрунту (низьке та дуже низьке забезпечення).

Ґрунт на досліджуваній ділянці має в основному низьку і середню суму ввібраних основ (від 7,7—14,0 мг-екв./100 г), яка забезпечує його буферність і характеризує, певною мірою, потенціал родючості разом з умістом гумусу та гранулометричним складом (особливо колоїдна і мулиста фракції).

Отже, дерновий буроземний глейовий ґрунт у комплексі з дерново-буроземним та підзолисто-буроземним оглеєним ґрунтом характеризуються низьким умістом гумусу та елементів живлення, сильно- і середньокислою реакцією ґрунтового розчину, частково зумовлену вмістом алюмінію, низькою сумою обмінних основ. Основні заходи щодо підвищення родючості базуються на забезпеченні органічною речовиною, елементами живлення, оптимізації реакції середовища з врахуванням осушення.

ЕКОСИСТЕМНИЙ ОБЛІК ПРИРОДНОГО КАПІТАЛУ В ЗЕМЛЕУСТРОЇ ЯК КРИТЕРІЙ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

А. Д. Бондар, Р. А. Третяк, к.е.н.

*Державний університет «Київський авіаційний інститут»
E-mail: 8497993@stud.kai.edu.ua; roman.tretiak@npp.kai.edu.ua*

Екосистемні послуги — це фундаментальне поняття в сучасній екології, природокористуванні та економіці землекористування, яке тісно пов'язане із землеустроєм, оскільки земля є базою для функціонування більшості екосистем. Екосистема (ecological system) — це система, утворена організмами у взаємодії з навколишнім природним середовищем [1]. З початку 2000-х років завдяки ініціативі ООН найпоширенішою є класифікація, розроблена в рамках Оцінки екосистем на порозі тисячоліття (Millennium Ecosystem Assessment, MEA), яка поділяє всі послуги на чотири основні категорії:

- забезпечувальні (Provisioning Services) — це матеріальні продукти, які людина отримує безпосередньо від екосистем (сільськогосподарська продукція, прісна вода, ліс, лікарські рослини). Ці послуги мають найбільш очевидну вартість виражену у родючості, балах бонітету, видах угідь, типах землекористування;

- регулювальні (Regulating Services) — це вигоди, отримані в результаті регулювання екологічних процесів (поглинання вуглецю (секвестрація) лісами та ґрунтами, фільтрація забруднених вод, діяльність комах для запилення з впливом на урожай). Вони є критично важливими для стійкості навколишнього природного середовища. Тут заходи землеустрою і охорони земель спрямовані на зонування земель, планування безпечних землекористувань і озеленення угідь з обліком вуглецевого потенціалу ґрунтів, містобудівного зонування територій відповідно до ризиків затоплення, містобудівне планування розвитку забудови, збереження біологічного різноманіття на сільськогосподарських землях за допомогою сівозмін;

- культурні (Cultural Services) — це нематеріальні вигоди, що впливають на якість життя людини (рекреація та туризм, освіта та естетика). Вони пов'язані з духовним розвитком, відпочинком та освітою. Тут землеустрій формує планування зелених зон у межах населених пунктів, охорону об'єктів культурної спадщини, природоохоронних територій та об'єктів природно-заповідного фонду;

- підтримувальні (Supporting Services) — це процеси, необхідні для функціонування всіх інших послуг (утворення ґрунту, біорізноманіття). Ці процеси не дають прямої вигоди людині, але є основою життя. Тут діють

екологічний та земельний контроль, моніторинг ерозії та негативних процесів, регламенти впливу на довкілля.

У контексті формування меж територіальних громад та планування територій населених пунктів екосистемні послуги дозволяють оцінити не лише економічну складову землі, але й її екологічну цінність та функцію для громади.

Раніше «традиційна» архітектура і містобудування являли собою конструкції для проживання та захисту від впливу довкілля, а за останні 20 років доповнилися провідною функцією «комфорт».

У контексті архітектури, містобудування та планування територій, термін «комфорт» означає інтегральну якість середовища життєдіяльності людини, що досягається завдяки гармонійному поєднанню фізичних, екологічних та соціальних факторів. Він містить забезпечення населення якісними екосистемними послугами (чисте повітря, вода, рекреаційні зони) та зручною, безпечною інфраструктурою, що мінімізує вплив негативних природних і техногенних чинників й гарантує доступність до екологічно стійкого, безпечного і естетично привабливого простору.

Однак зараз ми маємо необхідність інтеграції екосистемних послуг. Стратегічне планування територій, особливо у контексті повоєнної відбудови України, повинне відображати та захищати природний капітал. Комплексні плани розвитку територіальних громад, Генеральні плани та Детальні плани територій повинні базуватися не лише на потребах забудови, а й на розрахунку мінімально необхідного обсягу екосистемних послуг для забезпечення стійкості та якості життя мешканців: захист від негативних впливів — землі з високими регульовальними послугами (ліси, заплави, водно-болотні угіддя) повинні мати пріоритет у збереженні та виконувати функцію захисту забудованих територій від повеней, підтоплень та забруднення; функціональне зонування — повинне базуватися на індексі екологічного стану землекористування [2], що дозволить забезпечити економічно ефективне і екологічно безпечне використання територій.

Тут механізмами обліку екосистемних послуг можуть бути економічна оцінка та показники екологічної стабільності території. Однак ключовим викликом для землеустрою залишається перехід від якісного опису екосистемних послуг до їхнього кількісного та вартісного обліку.

Нині в Україні відсутні чіткі нормативні методики для оцінки та обліку всіх чотирьох категорій екосистемних послуг у структурі землекористування [2]. Це призводить до:

- недооцінки екологічно цінних земель у процесі ринкової та нормативної грошової оцінки земель;

- недостатнього фінансування заходів щодо охорони земель та екологічної мережі;
- нехтування екологічними наслідками під час прийняття рішень про зміну цільового призначення земель.

Інтеграція геопросторових даних (ДЗЗ, ГІС) для кількісного відображення площ, що надають екосистемні послуги (наприклад, визначення площі лісів, які поглинають вуглець).

Висновки. Планування розвитку територіальних громад повинне бути переосмислене як механізм обліку не лише економічних, але й екосистемних послуг землекористування. Це єдина можливість забезпечити довгострокову стійкість, екологічну безпеку та комфорт для мешканців.

Важливим є формування просторових одиниць активів екосистемних послуг землекористування, яке здійснюється у процесі землевпорядкування та яке як інституційний механізм вимірювань, обліку та оцінки активів екосистемних послуг землекористування сприяє розумінню різних способів оцінки екосистем землекористування в контексті їх цінності; підтримує належне тлумачення та застосування даних екосистемного обліку землекористування; вказує на типи аналізу, які підтримуються екосистемним обліком землекористування.

Планування розвитку територіальних громад повинно бути підставою для фінансування обліку екосистемних послуг та формування принципів взаємодії органів самоврядування з виконавцями, які поліпшують й обліковують екосистемні послуги. Це вимагає від ОМС переходу від пасивного до активного управління природним капіталом.

Необхідне розроблення національної нормативної бази та інструментарію, який дозволить фахівцям (землевпорядникам, архітекторам, будівельникам) кількісно оцінювати і включати вартість регулювальних й культурних екосистемних послуг у процес розроблення містобудівної документації та функціонального зонування. Це забезпечить реалізацію провідної функції «комфорт» для громад, що є критично важливим для відновлення та стійкого розвитку в повоєнний період.

Література

1. Stuart Chapin, F., Matson, P. A. & Vitousek, P. (2011) «Glossary». Principles of terrestrial ecosystem ecology. (2nd ed.). New York: Springer. ISBN 978-1-4419-9504-9. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9>
2. Третяк Р. А. (2024). Планування розвитку територіальних громад як механізм обліку екосистемних послуг землекористування. *Агросвіт*. № 9. С. 48—55. URL: <https://nayka.com.ua/index.php/agrosvit/article/view/7624/7757>

УДК 631.459:551.58 (477.85)

КЛІМАТИЧНИЙ ФАКТОР У ПОСИЛЕННІ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ ХОТИНСЬКОЇ ВИСОЧИНИ: ОЦІНКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КЛІМАТО- АДАПТИВНИХ ЗАХОДІВ

Т.В. Буджак, аспірант

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

E-mail: budzhak.taras@chnu.edu.ua

Проблема стійкості ґрунтового покриву до деградаційних впливів набуває головного значення в умовах зростаючої кліматичної мінливості. В Україні спостерігається поступова деградація ґрунтів, що проявляється у зниженні їх родючості та екологічної стабільності. Це явище охоплює стрімкий розвиток деградаційних процесів, зокрема ерозії, дегуміфікації та виснаження [1]. На Хотинській височині, яка вирізняється складністю геоморфологічної будови, головним чинником втрати ґрунтового покриву виступає водна ерозія. Ці землі, в умовах інтенсивного господарювання, демонструють високу чутливість до зовнішніх впливів [2].

Наукові дослідження підтверджують тісний взаємозв'язок між кліматичними змінами та деградаційними процесами ґрунтів: кожен із цих факторів поглиблює дію іншого [3]. Дослідження впливу атмосферних процесів на ґрунти Хотинської височини підтвердило, що кліматичний чинник виступає ключовим ініціатором зростання ерозійної небезпеки. Згідно з прогнозами МГЕЗК глобальне потепління призводить до інтенсифікації екстремальних атмосферних опадів у континентальній зоні середніх широт. Саме підвищення концентрованості та потужності опадів, а не лише загальний обсяг річної вологи, є вирішальним фактором, що спричиняє посилений площинний змив ґрунтів на схилах. Водночас динаміка температурного режиму також робить свій деструктивний внесок: часті температурні коливання у зимовий період послаблюють структурну цілісність ґрунтів і значно знижують їхню природну стійкість до ерозії [4]. Сукупність цих кліматогенних впливів зумовлює наростання потенціалу ерозії на досліджуваній території.

Отже, оцінка кліматично зумовлених загроз засвідчує, що існуючі протиерозійні заходи вже не забезпечують належного рівня захисту в сучасних кліматичних умовах. Оскільки уникнення наслідків зміни клімату неможливе, виникає нагальна потреба у форсованій імplementації адаптаційних заходів. Комплексний перехід до клімато-адаптованого землеробства на Хотинській височині є ключовою умовою збереження екологічної стійкості. Цей підхід обов'язково повинен містити агроекологічну типізацію території за рівнем ризику, а також інтеграцію регенеративних технологій, зокрема, застосування мінімального обробітку і покривних культур для захисту від злив. Впровадження

цих заходів, обґрунтоване оцінкою кліматичних ризиків, становить основу для довгострокового зменшення ризиків водної ерозії ґрунтів Хотинської височини.

Література

1. Шевченко, О.В., Пронь, О.С., & Чеботарьова, І.В. (2024). Вплив кліматичних змін на деградацію земель та агроecosистем. *Збалансоване природокористування*. № 3. С. 81—88. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2024.314921>.
2. Коржик, В. П., Чорней, І. І., Скільський, І. В., Буджак, В. В., Токарюк, А. І., Никирса, Т. Д., Смірнов, Н. А., ... & Мелешук, Л. І. (2012). Хотинська височина. Чернівці: ДрукАрт. 336 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/292972537_Hotinska_visocina_Khotyn_height_in_Ukraini_an
3. IPCC. (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, New York, NY, USA,. 896 p. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_Full_Report.pdf
4. Тараріко, О.Г., Кучма, Т.Л., Ільєнко, Т.В., & Дем'янюк, О.С. (2017). Ерозійна деградація ґрунтів України за впливу змін клімату *Агроекологічний журнал*, № 1. 7—15. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/12918>

УДК 631.58; 631.582. 631.67

ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ ЯК ШЛЯХ СКОРОЧЕННЯ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ ТОВАРНОГО РОСЛИННИЦТВА

О.В. Бутрим, д.е.н.

Центр з питань зміни клімату та сталого природокористування
державної наукової установи

«Інститут екологічного відновлення та розвитку України»

E-mail: oksana.butrim@gmail.com

Питання відновлення і збереження агроресурсного потенціалу у світлі залучення новітніх інструментів зеленої економіки набувають нового еколого-економічного значення і відкривають можливість формування додаткових джерел фінансово-економічних інвестицій. Критеріальною основою при цьому є характеристики еколого-економічної ефективності господарювання, підсумковим виразом яких є показники якісного стану ґрунтового покриву. Це пояснюється процесами біохімічної залежності між агротехнологічними особливостями землекористування і динамікою запасів вуглецю у резервуарі мінеральних ґрунтів, що визначає рівень родючості. До їх набору належать не лише агротехнологічні характеристики, як-то способи обробітку ґрунтового покриву, обсяги і структура внесення агрохімікатів та добрив, використання (чи ні) зрошення, дотримання вимог сівозміни, а також має значення компонентна структура ландшафту, яка визначається збереженням природних багаторічних насаджень та об'єктів дрібної

гідрографії. Останніми визначаються характеристики мікроклімату, що має безпосередній вплив на відновлення і збереження агроресурсного потенціалу.

Неодноразово доведено, що існуючий стан землекористування у товарному рослинництві України характеризується як незбалансований та не відповідає засадам зеленої економіки і суперечить принципам реалізації САП, що призводить до надмірних викидів парникових газів від товарного рослинництва. Наприклад, протягом 2010—2021 років обсяги викидів вуглецю з орного шару за виробництва зернових культур у середньому зросли від 2 кг С/га поглинання до 92 кг викидів; за виробництва соняшника викиди подвоїлись від 39 до 77 кг С/га, ріпаку — зросли у п'ять разів, що свідчить про нарощування антропогенного тиску на агроєкосистему. Компенсація таких високих обсягів виносу поживних речовин, які призводять до активізації процесів мінералізації гумусу, наслідком чого є вивільнення вуглецю з наступними викидами CO₂, потребує високих матеріально-ресурсних, фінансових і трудових затрат. Компенсувати ці виноси поживних речовин у 2021 році із зовнішніх джерел, наприклад, для азоту, вдалося лише на 70 %.

Обсяги викидів вуглецю з резервуару мінеральних ґрунтів є ключовим компонентом у формуванні вуглецевого сліду одиниці товарної продукції рослинництва, який є «сумою викидів та поглинання парникових газів у продуктивній системі у еквіваленті CO₂ на основі оцінки життєвого циклу з використанням єдиної категорії впливу на зміну клімату» [1]. Аналіз вуглецевого сліду продукції дозволяє визначити ключові компоненти у виробничому ланцюгу для оцінки потенціалу скорочення обсягів викидів і збільшення поглинання парникових газів.

За попередніми скрінінговими оцінками потенціал збільшення запасів вуглецю агроугідь України оцінено на рівні 14,0—14,5 млн т CO₂ [2], що підтверджує необхідність запровадження кращих агротехнологічних практик з орієнтацією на збільшення запасів вуглецю, а отже, на відновлення і збереження родючості ґрунтів. Вказане лежить у руслі реалізації законодавчих ініціатив Євросоюзу, зокрема Стратегії «Від ферми до виделки» (2020), Європейської зеленої угоди (2019), Стратегії захисту ґрунтів (2021), що орієнтовані на формування новітніх організаційно-економічних умов залежності економічної прибутковості від рівня агроєкологічної, а отже, і продовольчої безпеки. Тобто питання відновлення і збереження агроресурсного потенціалу лежать у руслі реалізації євроінтеграційних прагнень України.

Література

1. ISO 14067 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification. URL: <https://www.iso.org/standard/71206.html>

2. Бутрим, О.В. (2018). Теоретико-методологічні основи формування внутрішнього вуглецевого ринку в контексті збалансованого розвитку агросфери : монографія / за ред. О. І. Дребот. К.: ТОВ «ДІА», 360 с.

УДК 630 114:631.67:631.8

**ВПЛИВ ЛІСОАГРАРНИХ СИСТЕМ НА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНУ
ТА ЕНЕРГЕТИЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ОСУШУВАНИХ
ТОРФОВИХ ҐРУНТІВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ**

О. М. Гера, к.с.-г.н., старш. наук. співроб., В. І. Борисенко, к.с.-г.н.

Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»

E-mail: aleksandrgera84@gmail.com

Рациональне використання осушуваних торфових ґрунтів є актуальною проблемою сучасного землеробства. Тривале інтенсивне використання без підтримання меліоративного режиму спричиняє мінералізацію органічної речовини, зниження водоутримувальної здатності та деградацію структури ґрунту. Одним з ефективних способів стабілізації цих процесів є впровадження лісоаграрних систем, що поєднують вирощування деревних і трав'янистих культур та забезпечують екологічну й економічну стійкість агроландшафтів.

Мета дослідження — оцінити вплив різних систем обробітку ґрунту й структурного складу лісоаграрних фітоценозів на стан осушуваних торфових земель, урожайність і енергетичну ефективність їх використання в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Дослідження проводили на Панфільській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН». Схема досліду включала вивчення інтенсивного, мінімального обробітку ґрунту і варіант без обробітку. У лісоаграрних системах поєднували тополі з посівами сої та багаторічних трав. Погодні умови 2024 року були контрастними: надлишок опадів навесні (до 420 % норми) та посушливе літо зумовили коливання рівня ґрунтових вод від 9 до 196 см.

Встановлено, що інтенсивний обробіток підвищував щільність торфу на 30—35 %, знижуючи його вологоємність на 20 %. У лісоаграрних фітоценозах із тополею поліпшувався водно-повітряний режим, зростала кількість органічної речовини та поживних елементів. У міжряддях тополь із соєю вміст нітратного азоту становив до 49,6 мг/кг, фосфору — 116 мг/кг, калію — 178 мг/кг.

Сумішка багаторічних трав забезпечувала стабільний трофічний баланс: вміст нітратного азоту зростав із 21 до 28,4 мг/кг. Урожайність багаторічних трав підвищилася на 10 %, сої — на 18 % порівняно з контролем. Внесення добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ забезпечувало приріст урожайності трав на 5,5 т/га, зеленої маси сої — до 9,3 т/га.

Економічна ефективність свідчить, що поєднання вирощування тополь і трав забезпечувало прибуток понад 20 тис. грн/га за рентабельності до 90 %, тоді як системи із соєю — 40—45 %. У середньому лісоаграрні системи підвищували рентабельність виробництва на 30—35 %.

Коефіцієнт енергетичної ефективності становив: для сої на зерно — 2,43, травосумішки — 1,86, для сої на зелену масу — 1,78. Хоча остання мала нижчий енергетичний вихід, вона позитивно впливала на фіксацію азоту та підтримання кормової бази.

Отже, впровадження лісоаграрних систем із швидкорослими гібридами тополі сприяє поліпшенню фізико-хімічних властивостей осушуваних торфових ґрунтів, зменшує ерозійні процеси, підвищує продуктивність і прибутковість агроландшафтів. Такі системи поєднують екологічну доцільність із економічною вигідністю, формуючи основу сталого землекористування.

УДК 631.423

ДИНАМІКА КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ГІРСЬКОЇ ЗОНИ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

М. В. Гунчак, к.с.-г.н.

Чернівецький регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: chernivtsy_grunt@ukr.net

Реакція ґрунтового розчину є одним з головних факторів, які визначають родючість ґрунту та доступність елементів живлення. За вирощування сільськогосподарських культур необхідно мати достовірну інформацію про ступінь кислотності ґрунту, адже кожна культура має свій оптимальний діапазон рН ґрунту. Кислотність ґрунту впливає на мікробіологічну активність ґрунту, розвиток ґрунтових мікроорганізмів та засвоюваність рослинами елементів живлення. Особливе значення кислотності, як однієї з основних характеристик родючості ґрунту, вимагає вирішення проблеми підкислення ґрунтів. Саме тому важливим є дослідження та аналізування динаміки змін реакції ґрунтового розчину.

Чернівецьким регіональним центром ДУ «Держґрунтохорона» проведено дослідження кислотності ґрунтового розчину ($pH_{\text{сол}}$) земель сільськогосподарського призначення гірської зони Чернівецької області (Путильський та частина Вижницького районів) у 2018—2020 рр. (XI тур обстежень) на площі 21,15 тис га. Визначення кислотності рН сольової витяжки проводилося за ДСТУ ISO 10390:2007 [1]. Під час досліджень використовували Методику проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [2].

За результатами досліджень кислотності ґрунтового розчину ($pH_{\text{сол}}$) обстежені площі гірської зони Чернівецької області розподіляються так: дуже сильнокислі з pH менше 4,0 відсутні, сильнокислих земель з pH 4,1—4,5 — 4,27 тис. га (20,2 %), середньокислих з pH 4,6—5,0 — 4,9 тис. га (23,2 %), слабокислих з pH 5,1—5,5 — 6,56 тис. га (31 %). Загальна площа кислих земель становить 15,73 тис. га (74,4 %). Земель близьких до нейтральних з pH 5,6—6,0 — 5,42 тис. га (25,6 %). Нейтральні та лужні ґрунти у цій зоні відсутні. Середньозважений показник $pH_{\text{сол}}$ 5,8, що відповідає близькій до нейтральної реакції ґрунтового розчину.

Порівнюючи з попереднім туром обстеження (у 2013—2015 роках) середньозважений показник pH не змінився.

Порівнюючи ступінь кислотності ґрунтів обстежених сільськогосподарських угідь гірської зони Чернівецької області за X та XI тури обстежень (табл. 1), варто зазначити, що загальна частка кислих земель зменшилася на 5,2 %, а частка земель близьких до нейтральних збільшилася на 15,2 %. Водночас нейтральні землі в останньому турі обстеження відсутні, що свідчить про процеси підкислення ґрунтів у цій зоні області.

Таблиця 1

Динаміка зміни реакції ґрунтового розчину обстежених ґрунтів гірської зони Чернівецької області у X—XI турі обстежень

Тур обстеження	Обстежена площа, тис. га	Частка ґрунтів за реакцією ґрунтового розчину, %						Середньозважений показник, $pH_{\text{сол}}$
		сильнокислі $pH_{\text{сол}}$ 4,1—4,5	середньокислі $pH_{\text{сол}}$ 4,6—5,0	слабокислі 5,1—5,5	всього кислих $pH_{\text{сол}} < 4,1—5,5$	близькі до нейтральних $pH_{\text{сол}}$ 5,6—6,0	нейтральні $pH_{\text{сол}}$ 6,0—7,0	
X (2013—2015 рр.)	26,90	43,5	19,0	17,1	79,6	10,4	10,0	5,8
XI (2018—2020 рр.)	21,15	20,2	23,2	31,0	74,4	25,6	—	5,8

Отже, результатами обстеження встановлено, що серед земель сільськогосподарського призначення гірської зони Чернівецької області переважають слабокислі (31 %) та близькі до нейтральних (25,6 %) землі. Порівнюючи з попереднім туром обстежень, середньозважений показник pH не змінився та становив 5,8. Для зменшення частки кислих ґрунтів необхідне внесення меліорантів у науково обґрунтованих нормах і зменшення застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив.

Література

1. ДСТУ ISO 10390:2007 Якість ґрунту. Визначення pH (ISO 10390:2005, IDT). Вид. офіц. Київ: «Держспоживстандарт», 8 с.

2. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (керівний нормативний документ) / За ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. 2-ге вид., допов. К., 2019. – 108 с.

УДК 631.423

**УМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТАХ СОКИРЯНСЬКОГО РАЙОНУ
ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ**

М. В. Гунчак¹, к.с.-г.н., В. І. Пасічняк²

¹Чернівецький регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

²Південно-Західний міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: chernivtsy_grunt@ukr.net

Оптимальний режим живлення рослин забезпечується не тільки макроелементами, а й мікроелементами. Потреба у мікроелементах частково задовольняється за правильного застосування органічних та мінеральних добрив, проте для одержання високоякісних урожаїв мікроелементи треба вносити додатково. Тому здійснено оцінку вмісту рухомих сполук бору, марганцю, міді, цинку, кобальту і молібдену у ґрунтах Сокирянського району Чернівецької області.

У 2021 році Чернівецьким регіональним центром ДУ «Держґрунтохорона» обстежено 15,06 тис. га земель сільськогосподарського призначення Сокирянського району Чернівецької області та проведено дослідження з вивчення забезпеченості ґрунтів рухомими сполуками мікроелементів. Дослідження проводилися за методами, визначеними Методикою проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення.

За результатами агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення Сокирянського району встановлено, що за вмістом рухомих сполук бору усі обстежені площі характеризуються дуже високим його вмістом, а його середньозважений показник становить 1,19 мг/кг.

Обстеженням встановлено, що за вмістом рухомих сполук марганцю ґрунти Сокирянського району розподіляються так: із середнім умістом — 2,3 тис. га (15,3 %), підвищеним — 8,34 тис. га (55,4 %), високим — 2,41 тис. га (16 %), з дуже високим — 2,01 тис. га (13,3 %). Середньозважений показник умісту рухомих сполук становить 15,08 мг/кг, що відповідає високому рівню забезпеченості.

За вмістом рухомих сполук міді обстежені землі Сокирянського району розподіляються так: з низьким умістом — 0,22 тис. га (1,5 %), середнім — 0,71 тис. га (4,7 %), підвищеним — 1,36 тис. га (9 %), високим — 5,34 тис. га (35,5 %), з дуже високим — 7,43 тис. га (49,3 %). Середньозважений показник

умісту рухомих сполук міді становить 0,69 мг/кг, що свідчить про дуже високий рівень забезпеченості.

Агрохімічними обстеженнями території Сокирянського району Чернівецької області встановлено, що всі обстежені землі характеризуються дуже низьким умістом рухомих сполук цинку, а середньозважений показник умісту рухомих сполук цинку становить 0,51 мг/кг. Отже, ґрунти Сокирянського району недостатньо забезпечені рухомими сполуками цинку.

За вмістом рухомих сполук кобальту обстежені землі Сокирянського району розподіляються так: з середнім умістом — 0,23 тис. га (1,5 %), підвищеним — 0,34 тис. га (2,3 %), високим — 1,18 тис. га (7,8 %), дуже високим — 13,31 тис. га (88,4 %). Середньозважений показник умісту рухомих сполук кобальту становить 0,82 мг/кг, що свідчить про дуже високий рівень забезпеченості.

За агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення Сокирянського району Чернівецької області встановлено, що за вмістом рухомих сполук молібдену обстежені площі розподіляються так: з дуже низьким умістом — 0,27 тис. га (1,8 %), низьким умістом — 3,32 тис. га (22 %), середнім — 6,58 тис. га (43,7 %), підвищеним — 4,76 тис. га (31,6 %), з високим — 0,13 тис. га (0,9 %). Середньозважений показник умісту рухомих сполук молібдену становить 0,09 мг/кг, що відповідає середньому рівню забезпеченості мікроелементом.

Отже, результатами агрохімічних обстежень земель сільськогосподарського призначення встановлено, що ґрунти Сокирянського району Чернівецької області мають дуже високу забезпеченість бором, міддю та кобальтом, високу забезпеченість марганцем, середню забезпеченість молібденом та низьку забезпеченість цинком.

УДК 631.8 [631.1:633.3:633.8]

**ВИКОРИСТАННЯ ГУМУСОВИХ БІОСТИМУЛЯТОРІВ
ЯК АНТИСТРЕСАНТІВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ
В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ**

*В. В. Дегтярьов¹, д.с.-г.н., професор, О. Ю. Щербаків¹, аспірант,
Vesselin Koutev², Cand. Sci., Associate Professor*

¹Державний біотехнологічний університет

²University of Forestry (Sofia, Bulgaria)

E-mail: dvv4013@gmail.com

Дані кліматичних змін за останні п'ятдесят років дають підстави стверджувати про загальне потепління клімату Харківщини, тобто аридизацію клімату. Моніторингові дослідження кліматичних показників Харківщини засвідчили, що за 1973—2024 рр. середньорічні температури повітря зросли з 7 °С до 10,1 °С, тобто на 3,1 °С, а середньорічна кількість опадів зменшилася з 610 мм

до 590 мм, тобто на 20 мм. Результати аналізування динаміки середньорічних температур вегетаційного періоду підтвердили досить інтенсивне зростання температури за досліджуваний період з 14 °С до 17 °С, тобто на 3 °С, а кількість опадів знизилася на 40 мм.

Зростання посушливості клімату безперечно має негативний вплив на ріст і розвиток сільськогосподарських культур і їх продуктивність відповідно.

Одним із способів розв'язання проблеми екологічно безпечного ведення господарства є застосування гумінових препаратів, вироблених на основі природних компонентів ґрунту.

Для досліджень використовували добрива виробництва фірми Пестицид ЕООД (Болгарія): Зіновій Тріпл Корн — містить підвищений уміст цинку, підходить для цинколюбних культур і використання на ґрунтах з низьким умістом цинку; Зіновій Тріпл Оіл — має підвищений уміст бору, підходить для борулюбних культур і використання на ґрунтах з низьким умістом бору; Зіновій Тріпл Дабл — має підвищений уміст молібдену, підходить для молібденолюбних культур і використання на ґрунтах з низьким умістом молібдену; Зіновій Тріпл — має підвищений уміст азоту, фосфору і калію і основні мікроелементи, підходить для всіх рослин. Це забезпечує економне використання наявної вологи та дає можливість рослинам долати фізіологічні порушення внаслідок дії несприятливих кліматичних умов — різкого похолодання, «перезимівлі, посухи, граду тощо; Зіновій Гранд Гурій — являє собою екстракт деревної золи і додані макро- і мікроелементи. Більш високий вміст макро- і мікроелементів активізує процеси обміну речовин в стресових для рослин ситуаціях.

Дослідні ділянки закладено на полях ТОВ «Агроексперт» (Харківський район Харківської області). У дослідях вивчали вплив гумусових біостимуляторів на біологічну продуктивність гібриду кукурудзи ДН Летава.

В результаті досліджень встановлено, що використання гумусових біостимуляторів росту і розвитку має позитивний вплив на рослини. Це проявляється на якості запилення материнських форм рослин кукурудзи. Качани материнської форми гібриду у варіантах позакореневого використання гумусових біостимуляторів росту мають більшу кількість утворених зерен порівняно з контролем та характеризується кращою виповненістю. Це свідчить про деяку антистресову дію досліджуваних препаратів на прояв високих температур повітря і нестачу вологи рослинам під час переміщення пилку з батьківських до материнських форм рослин кукурудзи і безпосередньо в процесі запилення материнських форм рослин.

Застосування гумусових біопрепаратів певною мірою знижує кліматичний стрес рослин кукурудзи, що проявляється у підвищенні натурної маси зерна кукурудзи.

Результати визначення біологічної урожайності кукурудзи свідчать, що найбільший вплив на цей показник мають гумусові біостимулятори Зіновій Тріпл та Зіновій Гранд Гурій.

УДК 631.45:581.92

**ГРУНТОВІ УМОВИ ЗРОСТАННЯ *ALNUS VIRIDIS* (CHAIX) DC.
НА ТЕРИТОРІЇ НПП «БОЙКІВЩИНА»**

Н. Б. Демчишин¹, к.с.-г.н., А. М. Демчишин²

¹НПП «Бойківщина»

²Львівський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: nataliademchyshyn69@gmail.com; demchyshyn@mail.lviv.ua

Сукупний вплив чинників ґрунтотворення впродовж тривалого часу зумовив сучасну географію ґрунтів і структуру ґрунтового покриву. Ґрунти та рослинний покрив тісно взаємопов'язані: рослини залежать від ґрунту, отримуючи з нього воду та поживні речовини, а також впливають на формування ґрунту, збагачуючи його органічною речовиною та поліпшуючи його структуру. Властивості ґрунту, такі як кислотність, структура та вміст поживних речовин, безпосередньо впливають на те, які види рослин можуть успішно рости на певній території.

Метою наших досліджень було вивчення ґрунтових умов зростання вільхи зеленої (*Alnus viridis* (Chaix) DC.) на території НПП «Бойківщина». Для вивчення фізико-хімічного складу ґрунту та агрохімічних показників відбирали зразки ґрунту з гумусо-акумулятивного шару Н(t) (3—12 см) у місцях щільного заростання вільхою зеленою в південному і західному кластерах парку.

Вільха зелена — це сланкий чагарник (стелюх) висотою 0,5—5 м, яка згідно з дослідженнями К. А. Малиновського та ін., росте в субальпійському поясі Карпат в межах висот 1200—2000 м і належить до видів гірськочагарникового динамічного комплексу, які формують смугу криволісся. Для цієї зони домінуючими є гірсько-лучні буроземні ґрунти, які сформувалися в холодних умовах з підвищеною зволоженістю протягом тривалого періоду.

На досліджуваній нами території вільха зелена спускається з субальпійського поясу в лісовий і на висотах від 933 м до 687 м і разом з іншими деревночагарниковими і трав'яними видами формує узлісся ялицево-ялинових і буково-ялицево-ялинових лісів. Результати досліджень засвідчили, що ґрунти, на яких зростає вільха зелена, відносяться до відміни дерново-підзолистих і підзолисто-дернових поверхнево-глеюватих легкосуглинкових. Уміст органічної речовини у відібраних пробах є в межах 4,4—5,3 %; азоту сполук, що лужногідролізуються, — 140—168 мг/кг ґрунту; актуальна кислотність — 4,4—4,8 одиниці рН; обмінна кислотність — 3,4—3,5 одиниці рН; гідролітична кислотність — 9,2—14,5 мг-екв/100 г ґрунту; сума ввібраних основ —

10,5—10,7 мг-екв/100 г ґрунту; ступінь насичення основами 42—53 %, рухомі форми фосфору — 3—5 мг/кг, калію — 91—148 мг/кг, сірки рухомої — 13,2—14,1 мг/кг, рухомих форм мікроелементів Mn — 14,1—27,0 мг/кг, Co — 0,48—0,54 мг/кг, Zn — 1,9—2,2 мг/кг, Cu — 0,26—0,39 мг/кг. Отже, ці дані свідчать, що вільха зелена добре адаптується до ґрунтів з високою кислотністю і низьким значенням суми ввібраних основ. Оскільки вона належить до нітрофільних видів, то високий вміст органічної речовини дозволяє їй підтримувати високий рівень біохімічних процесів і забезпечує достатню кількість поживних речовин. Ще один фактор відіграє дуже важливу роль у взаємодії кореневої системи вільхи зеленої і ґрунту. Ця рослина здатна до симбіозу з бактеріями і грибами ризосфери. Саме вони переводять нерухомі форми фосфору в рухомі, ліквідовуючи вагомий лімітуючий фактор розвитку рослин.

Отримані результати дали можливість визначити відсутність негативного впливу умов ґрунтового середовища, які характерні для території НПП «Бойківщина», для популяції вільхи зеленої. Це пов'язано зі здатністю цієї рослини формувати широку екологічну амплітуду адаптивних механізмів і використовувати всі симбіотичні можливості.

УДК 631.4:502.3(477)

МОНІТОРИНГ ЗМІН УМІСТУ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ҐРУНТАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Н. В. Дмитрієвцева, к.с.-г.н.

Рівненський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: nataliyadnv@i.ua

Баланс поживних речовин повинен сприяти не тільки підвищенню врожайності та якості сільськогосподарських культур, а й прогресивному підвищенню родючості ґрунту [1—3]. У землеробстві Рівненської області спостерігається, на відміну від азоту, значний дефіцит фосфору та калію. Співвідношення N:P:K виявилось далеким від оптимального 1:0,8:1 і становило 1:0,29:0,29. Щодо обсягів використання органічних добрив, ситуація залишається незадовільною вже протягом двадцяти років, оскільки площа, удобрена органічними добривами, становить лише 8,8 % до уточненої посівної площі, а їх внесення на 1 га посівів становить лише 0,8 тонни.

Наші дослідження на моніторингових ділянках зони Лісостепу Рівненської області засвідчили, що вміст азоту, що легко гідролізується, знизився для ясно-сірих, темно-сірих, дерново-підзолистих та торфово-болотних ґрунтів у 1,1—1,3 раза. Основні типи ґрунтів зони Лісостепу за вмістом азоту, що легко

гідролізується, можна розмістити у спадаючий ряд: торфово-болотні>лучні>чорноземні>ясно-сірі>темно-сірі>дерново-підзолисті.

Проаналізувавши результати досліджень, дійшли висновку, що рівні забезпеченості рухомими сполуками фосфору основних типів ґрунтів зони Лісостепу суттєво не змінилися, за винятком торфово-болотних ґрунтів, де встановлено зниження в середньому в 1,1 раз. Враховуючи результати досліджень, основні типи ґрунтів зони Лісостепу за вмістом рухомого фосфору можна розмістити у спадаючий ряд: чорноземні>темно-сірі>ясно-сірі>лучні>торфово-болотні>дерново-підзолисті.

Аналогічна ситуація спостерігається для ясно-сірих, чорноземних, лучних та торфово-болотних ґрунтів зони Лісостепу щодо зниження рухомих сполук калію. Нами зафіксовано зниження цього показника у 1,1—1,4 раз. Отже, основні типи ґрунтів зони Лісостепу за вмістом рухомих сполук калію можна розмістити у спадаючий ряд: чорноземні>темно-сірі>ясно-сірі>дерново-підзолисті>торфово-болотні>лучні.

Констатуємо, що у 2023 році від'ємний баланс азоту, фосфору та калію спостерігався під усіма сільськогосподарськими культурами. Застосування мінеральних добрив повинно ґрунтуватися на науково доведених підходах з урахуванням біологічних особливостей культури, яку вирощують, планової врожайності, природної родючості ґрунтів, кліматичних умов та факторів збереження родючості.

Висновки. У сучасних умовах для підвищення родючості ґрунту та досягнення стабільного високого врожаю систему застосування добрив необхідно поліпшувати, щоб ліквідувати дефіцит усіх елементів живлення, особливо азоту і калію. Для підвищення вмісту азоту, що легко гідролізується, необхідно вносити органічні і мінеральні добрива, використовувати сидерати та оптимізувати водний режим ґрунту. Невисокий природний вміст доступних сполук фосфору в орних ґрунтах і обмеженість ресурсів фосфатної сировини ускладнює підвищення ефективності використання фосфорних добрив. Утримання рухомих сполук калію залежить від глини та органічних речовин у ґрунті; калій не вимивається із ґрунту. Достатній резерв калію у ґрунті є необхідним, оскільки культури у процесі росту потребують велику його кількість і завданням калійних добрив є поповнення цього резерву в ґрунті.

Література

1. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення : керівний нормативний документ / за ред. Яцука І. П., Балюка С. А. Київ, 2019. 108 с.
2. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / за ред. С. А. Балюка та ін. Київ : НААН, 2010. 153 с.

3. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Опара М. М. (2014). Ефективні різноротаційні сівозміни у сучасному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, № 3. С. 20—32.

УДК 631.417

БАЛАНС ГУМУСУ В ҐРУНТАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

С.В. Задорожна, Н.Л. Гульванська

Придніпровський міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: svet-lana-z11@ukr.net

Інтенсивне використання ґрунтів без унесення достатньої кількості органічних добрив призводить до дегуміфікації, деградації і зниження їх родючості.

За оцінками експертів за 120 років інтенсивного використання ґрунтів України втрати гумусу досягли порівняно з цілиними аналогами в зоні Лісостепу 22 %, Степу — 19,5, на Поліссі — 19 %.

Розрахунок балансу гумусу дозволяє здійснювати контроль за характером змін його вмісту за існуючої структури посівних площ і рівня застосування мінеральних та органічних добрив. Останніми роками вдалося значно зменшити темпи втрат гумусу в ґрунтах області, але бездефіцитного балансу гумусу не досягнуто.

Для розрахунків балансу гумусу використовували матеріали статистичної звітності зі збору врожаю сільськогосподарських культур (ф. № 29-сг) та застосування органічних і мінеральних добрив (ф. № 9-б-сг) в Кіровоградській області.

Втрати гумусу, як і надходження, певною мірою залежать від виду вирощуваних культур. Основним джерелом для утворення гумусу залишається побічна продукція та поверхнево-кореневі рештки вирощуваних сільськогосподарських культур. Кількість гумусу, що утворилася залежно від культури та її продуктивності, коливається в межах 0,18—2,19 т/га.

У середньому за 2019—2023 рр. у Кіровоградській області вносили від 0,075 до 0,176 т/га органічних добрив, що ніяк не може компенсувати втрати гумусу в ґрунті. Площа, удобрена органічними добривами, в середньому становить від 0,2 до 0,8 % посівної площі.

Основними гумусоутворюючими культурами протягом п'яти років є кукурудза на зерно та багаторічні трави. Багаторічні бобові трави забезпечили найбільший позитивний баланс гумусу: 2019 р. — 1,62 т/га, 2020 р. — 1,31 т/га, 2021 р. — 1,32 т/га, 2022 р. — 1,46 т/га, 2023 р. — 1,59 т/га. Під кукурудзою на зерно позитивний баланс становив від 0,30 до 0,75 т/га. Досить низьким рівнем гумусоутворення відрізняються такі культури, як картопля, овочі, баштанні,

буряки цукрові. Найдефіцитнішим баланс був після картоплі, овочів, баштанних: 2019 р. — 1,509 т/га, 2020 р. — 1,22 т/га, 2021 р. — 1,52 т/га та 1,43 т/га у 2022 і 2023 роках. Під буряками цукровими від’ємний баланс гумусу за п’ять років досліджень становив від 0,92 т/га до 1,37 т/га.

Найбільший дефіцит гумусу в ґрунтах області був у 2022 р. — 0,398 тонн на 1 га ріллі (рис. 1).

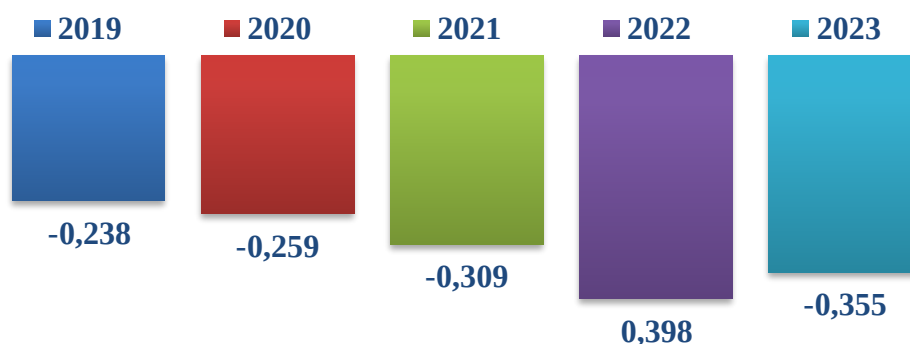


Рис. 1. Баланс гумусу в ґрунтах Кіровоградської області

Таким чином, досягнення бездефіцитного балансу гумусу у землеробстві області можливе лише за умов збільшення застосування органічних добрив.

Проведене дослідження свідчить, що баланс гумусу в ґрунтах Кіровоградської області був і залишається дефіцитним.

Одним з важливих засобів вирішення цієї проблеми може стати оптимізація структури посівних площ, збільшення площ багаторічних трав, внесення органічних добрив, залишення на полі побічної продукції рослинництва (солома, стебла, рослинні рештки), сидерація, мінімізація обробітку ґрунту.

УДК 631.459

ЕРОДОВАНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

С.В. Задорожна, В.О. Матвєєва

Придніпровський міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: svet-lana-z11@ukr.net

Щороку зростання площ еродованої ріллі в Україні сягає 60—80 тис. гектарів.

Ерозійні процеси призводять до погіршення фізичних властивостей ґрунту, зменшення гумусового горизонту, в результаті чого відбувається значне зменшення запасів, макро- і мікроелементів, погіршення родючості ґрунтів, що є причиною зниження значень бонітету зональних ґрунтів, зменшення урожаїв сільськогосподарських культур та зростання витрат на агротехнологічні заходи.

Кіровоградська область розташована в центральній частині України на межі переходу Лісостепу в Степ. Тому її ґрунтовий покрив досить строкатий. Розораність території області становить 71,6 %, а сільськогосподарських угідь 86,6 %, що на 17,3 % та 8,1 % відповідно більше ніж в середньому по Україні. Через високу розораність еродованість сільськогосподарських угідь області становить 50,2 %.

Після утворення на Кіровоградщині відповідно до Постанови Верховної Ради України від 17 липня 2020 р. № 3650 «Про утворення та ліквідацію районів» замість 21 району чотирьох — Голованівського, Кропивницького, Новоукраїнського та Олександрійського, виникла потреба в проведенні дослідження еродованості ґрунтів нових об'єднаних районів області.

Усього в Кіровоградській області налічується 1102,4 тис. га угідь, ґрунтове вкриття яких зазнає ерозії, причому 886,7 тис. га знаходяться в обробітку. Площі орних земель з крутизною схилів 3—5° займають 622 тис. га (35,3 %), 5—7° — 181 тис. га (10,2 %), >7° — 84 тис. га (4,8 %).

Найбільші площі еродованих орних земель в Олександрійському і Кропивницькому районах — 60,1 % і 56,2 % відповідно. Найменш еродовані орні землі у Новоукраїнському районі — 38,8 % (табл. 1).

Таблиця 1

Еродованість сільськогосподарських угідь Кіровоградської області

Назва району	Сільськогосподарські угіддя			Рілля			Частка орних земель з крутизною схилів, %		
	площа с.-г. угідь, всього, тис. га	у т. ч. еродовані землі, тис. га	еродованість с.-г. угідь, %	площа ріллі, всього, тис. га	у т. ч. площа еродованої ріллі, тис. га	еродованість ріллі, %	слабозмиті 3—5°	середньозмиті 5—7°	сильнозмиті >7°
Голованівський	354,8	157,9	44,5	316,9	129,3	40,8	27,3	9,3	4,3
Кропивницький	717,3	423,8	59,1	615,8	345,9	56,2	40,1	11,0	5,1
Новоукраїнський	461,1	199,5	43,3	415,3	161,0	38,8	28,1	7,1	3,6
Олександрійський	499,0	321,2	64,4	416,7	250,5	60,1	41,3	13,0	5,8
Усього по області	2032,2	1102,4	54,2	1764,6	886,7	50,2	35,3	10,2	4,8

Ерозійно небезпечними є схили крутизною 5—7° (середньозмиті). Змив ґрунту на них, порівняно з слабозмитими (3—5°) у 2—3 рази більший. На таких землях потрібно вирощувати культури з дуже високим коефіцієнтом протиерозійної ефективності (багаторічні бобові або злакові трави та їх сумішки).

Частка орних земель з крутизною схилів 5—7° становить у Новоукраїнському районі 7,1 %, Голованівському — 9,3 %, Кропивницькому — 11 %, Олександрійському — 13 %.

Сільськогосподарські культури по різному реагують на ступінь змитості ґрунту. За дослідженнями вчених, на чорноземах урожайність зернобобових культур знижується на 10—20 %, кукурудзи на 40—60 %.

Для припинення деградації ґрунтів, попередження ерозії доцільне впровадження оптимальної структури посівних площ, контурно-меліоративної системи землеробства, площі ріллі та кормових угідь з крутизною схилів понад 5° заліснити, а крутизною 3—5° залужити. Також унаслідок деградаційних процесів у ґрунтах відбулися незворотні процеси, а тому виникла потреба у проведенні великомасштабного ґрунтового обстеження.

УДК 631.452 (477.87)

СТАН РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

С.В. Задорожна, В.О. Матвєєва

Придніпровський міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: svet-lana-z11@ukr.net

Суцільна агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення є однією з найважливіших складових ґрунтово-агрохімічного моніторингу ґрунтів.

Вимогам моніторингу відповідає лише агрохімічне обстеження земель сільськогосподарського призначення, яке здійснює мережа регіональних центрів ДУ «Держґрунтохорона».

Основними завданнями моніторингу земель є прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів.

У 2023 році (XII тур) Кіровоградською філією ДУ «Держґрунтохорона» обстежено 48,14 тис. га сільськогосподарських угідь Кіровоградської області.

За результатами агрохімічного обстеження в області нараховується 6,29 тис. га (13,07 %) кислих ґрунтів від загальної обстеженої площі. Середньозважений показник $pH_{\text{сол}}$ становив 5,9 од. pH, що на 0,1 од. pH менше, ніж у попередньому турі.

Гумус найповніше характеризує його потенційну родючість і займає одне з провідних місць у системі моніторингу ґрунтів. Середньозважений показник умісту гумусу становив 4,04 %. Порівнюючи з попереднім туром обстеження, відбулося незначне його зростання на 0,01 %. Та незважаючи на незначне

підвищення цього показника, продовжується процес дегуміфікації ґрунтів, про що свідчать від'ємні показники балансу гумусу.

Азот в землеробстві області знаходиться у першому мінімумі. Середньозважений показник легкогідролізного азоту становив 114,8 мг/кг, що відповідає низькому рівню забезпеченості цим елементом. Частка ґрунтів з низьким умістом становила 79,02 %. Порівнюючи з попереднім туром, відбулося незначне зниження вмісту легкогідролізного азоту - на 0,2 мг/кг.

Фосфор визначає продуктивність сільськогосподарських культур та безпосередньо впливає на їх урожайність і показники якості врожаю. Середньозважена величина рухомих сполук фосфору в ґрунтах обстежених районів становила 89 мг/кг, що відповідає середньому рівню забезпеченості. Ґрунтів такого класу під час обстеження виявлено 71,52 %.

Калійний режим ґрунтів області вважається більш сприятливим, ніж фосфорний, оскільки його кількість у ґрунтах характеризується переважно підвищеною і високою забезпеченістю рухомих калієм. Середньозважена величина рухомих сполук калію в ґрунтах області відповідає високому рівню забезпеченості — 133,4 мг/кг. Порівнюючи з попереднім туром обстеження, втрати становили 2,9 мг/кг ґрунту.

Інтенсивне використання ґрунтів без унесення достатньої кількості органічних та мінеральних добрив, що спостерігається останнім часом в області й Україні в цілому, призводить до дегуміфікації, деградації і зниження родючості ґрунтів. За інтенсифікацією застосування мінеральних добрив простежується помітне її зниження. Якщо у 2020 році на посівну площу Кіровоградської області внесено 145 кг/га, у 2021 р. — 127 кг/га, у 2022 р. — 87 кг/га, то у 2023 р. норма внесення мінеральних добрив становила лише 51,3 кг/га.

Унесення органічних добрив, як і в попередні роки, залишається на досить низькому рівні. А альтернативою традиційним органічним добривам є внесення соломи — цінного джерела органічних речовин.

УДК 631.458

**ДЕСТРУКТИВНІ ПРОЦЕСИ НА ЗЕМЛЯХ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

О. Й. Качмар, к.с.-г.н., старш. наук. співроб.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

E-mail: oksanaostrowska@ukr.net

Реалізація аграрного ресурсного потенціалу та забезпечення продовольчої безпеки держави можливі за умови ефективного використання земельних

ресурсів. За розрахунками фахівців Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН найважливішими факторами, що виступають джерелами виникнення деструктивних процесів на землях сільськогосподарського призначення у регіоні, є аграрні. Вони викликані деформованою системою землекористування, високим рівнем освоєння земельного фонду, розбалансованими системами землеробства, диспропорцією між галузями рослинництва і тваринництва. Комплексний вплив цих факторів призводить до екологічного дисбалансу як в агроландшафтах, так і природних системах. Наслідки деструктивних процесів у природокористуванні мають вплив на всі складові життєдіяльності регіону: соціальні, господарсько-економічні, екологічні.

Розвиток негативних явищ притаманний як загалом для земель сільськогосподарського призначення, так і специфічних, що стосуються їх ключових, екологічно вразливих складових — схилових, меліорованих, агроземів, та лучних ценозів.

Антропогенна трансформація схилових земель, крім уже зазначених чинників, викликана також недотриманням базових засад схилового землеробства, зокрема ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур, порушенням зональних нормативів загальної та полезахисної лісистості. В умовах Львівської області у зоні Полісся на землях сільськогосподарського призначення розвиток процесів водної ерозії різного ступеня інтенсивності відбувається на площі 47446 га, вітрової — 25091 га, в зоні Лісостепу — 146055 й 15790 га відповідно. У Передкарпатті руйнівного впливу води зазнають 50314 га, у Карпатах — 56790 га земель. За результатами досліджень Інституту, найвищий показник ерозійно-екологічної напруженості земель сільськогосподарського призначення спостерігається на орних землях усіх ґрунтово-кліматичних зон. У Поліссі він становить 0,26, Лісостепу — 0,37, Передкарпатті — 0,24, Карпатах — 0,49.

Високий рівень розвитку деградаційних процесів відбувається на меліорованих землях. Осушувані ерозійно-деградовані землі сільськогосподарського призначення в Поліссі становлять 8143 га, в Лісостепу — 26489, Передкарпатті — 6937, Карпатах — 1661 га. Найвищий ступінь ерозійної меліоративно-екологічної напруженості земель спостерігається в зоні Карпат і становить на сільськогосподарських угіддях 0,14, орних землях — 0,16, пасовищах — 0,09. В Поліссі й Передкарпатті цей показник є нижчим і набуває приблизно однакових значень. Ці деградації викликані низкою факторів, основними з яких є агрогенні (порушення технологій ведення меліоративного землеробства) та техногенні (скорочення обсягів меліорації, перевищення термінів ефективної експлуатації осушуваних систем, порушення технологій ведення меліоративного землеробства).

Серед екологічно вразливих категорій земель доцільно акцентувати увагу на земельних масивах, прилеглих до техногенних зон. Вони знаходяться в умовах підвищених навантажень техногенезу і підпадають під дію хімічного впливу, який на першому етапі спричиняє хімічну, а в подальшому біологічну й фізичну їх деградацію. Наслідки техногенно-екологічних впливів проявляються як у частковому забрудненні ґрунтів, так і глибокому їх ураженні, що призводить до повного руйнування структури й виведення із сільськогосподарського користування. Потенційним епіцентром виникнення дестабілізаційних процесів у ґрунтових системах тільки у Львівській області можуть стати 962 екологічно небезпечних об'єкти, з них 116 — з високим ризиком прояву, 12 з яких внесено до Переліку 100 найбільших забруднювачів України.

Вирішення проблем деградації земель сільськогосподарського призначення, відновлення їх родючості може відбуватися шляхом корегування структури земельного фонду, впровадження природоохоронних екологічно збалансованих систем землеробства, здійснення поглибленого системного еколого-ландшафтного моніторингу.

УДК 631.582:633.1

АДАПТАЦІЯ АГРОЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ: ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Н. П. Коваленко¹, д.і.н., старш. наук. співроб.,

О. В. Демиденко², д.с.-г.н., старш. дослід.

¹Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

²Черкаська ДСГДС ННЦ «Інститут землеробства НААН»

E-mail: BoikoNP@ukr.net; Agrogumys23@ukr.net

На початку 21 століття зміни клімату визнані світовою спільнотою одними з довготермінових чинників, які чинять значний негативний вплив на зернове виробництво. Також через посилення екстремальних кліматичних явищ відбувається поширення ерозійних процесів та зсувів ґрунту, що призводить до значного погіршення умов вирощування зернових культур.

Через глобальне потепління агрокліматичні зони України зазнали кардинальних змін: їх межі за останні десятиріччя фактично змістилися північніше на 200 км [1]. Зі змінами клімату поступово зменшується зона Полісся і розширюється зона Лісостепу і особливо Степу. Наприклад, умови вегетації у Дніпропетровській і Кіровоградській областях традиційної підзони Північного Степу нині відповідають підзоні Південного Степу. Також підзона Північного Степу поступово переміщується на території Полтавської та Черкаської областей, які традиційно були у зоні Лісостепу. Найбільше потепління останніми десятиріччями спостерігається у Київській, Чернігівській, Сумській та

Житомирській областях, найменше — у Закарпатті. У північних і східних регіонах України мають місце суховії, що є нетиповим явищем для цих територій. Спостерігається випадіння граду в нехарактерні для цього явища весняні та осінні місяці, що провокує вимерзання посівів. Така ситуація призводить до того, що для традиційних сільськогосподарських культур Степу — кукурудзи, ріпаку, соняшника і сої кращими стають умови вирощування зони Лісостепу [2].

Для адаптації агроєкосистем до зміни клімату необхідні інноваційні підходи, які пом'якшують негативний вплив кліматичних змін. Зокрема, потрібна диверсифікація аграрного виробництва із врахуванням сучасного агрокліматичного районування територій. Через поширення екстремальних кліматичних явищ зростає роль розміщення посівів з урахуванням агробіологічних особливостей культур та оптимізації посівних площ і парів, що позитивно діє на продуктивність різних груп культур у сівозмінах [1]. Виникає необхідність збільшення частки посухостійких культур, а також посівних площ різних видів і сортів сільськогосподарських культур з коротким періодом вегетації, що забезпечить отримання двох-трьох урожаїв на рік [3]. Ефективним є зміщення термінів сівби ярих зернових культур на більш ранні, озимих — на більш пізні дати, що забезпечить ефективне використання запасів вологи у ґрунті. З метою кращого нагромадження, збереження та використання ґрунтової вологи, зростає роль здійснення поверхневого і мілкого обробітку ґрунту [2].

Отже, для підвищення ефективності вирощування зернових культур необхідне практичне впровадження адаптаційних заходів для нагромадження, збереження і раціонального використання ґрунтової вологи, що пом'якшує негативний вплив кліматичних змін, особливо в умовах посухи.

Література

1. Ткаченко М. А., Демиденко О. В., Дегодюк С. Е., Коваленко Н. П. (2025). Проблемні питання землеробства АПК Черкаської області та шляхи їх вирішення : монографія. Київ : Аграрна наука, 664 с DOI: <http://doi.org/10.31073/978-966-540-644-0>.
2. Юркевич Є. О., Бойко П. І., Коваленко Н. П., Валентюк Н. О. (2021). Науково-технологічні та агробіологічні основи високопродуктивних агроєкосистем України: монографія. Одеса : Видавництво ТОВ «Іздательський центр», 654 с.
3. Моргун В. В., Швартау В. В., Коновалов Д. В., Михальська Л. М., Скрипльов В. О. (2022). Клуб 100 центнерів «Сучасні сорти та системи живлення і захисту пшениці озимої» : наукове видання. Київ : Вістка, Вид. XI. 106 с.

УДК: 631.44:551.435.11:502.13:502.62(477.43)

СТАН І ДИНАМІКА ҐРУНТІВ РІЧКОВИХ ДОЛИН НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ПОДІЛЬСЬКІ ТОВТРИ»

В. Л. Кожевнікова¹, Л. В. Касіяник², наук. співроб.,

А. В. Безталанна¹, мол. наук. співроб.

¹Західний міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

²Національний природний парк «Подільські Товтри»

E-mail: obl-rod@ukr.net; melny4uk8kasyanyk@gmail.com; obl-rod@ukr.net

Ґрунтотворення в річкових долинах проходить на алювіальних породах неоднорідного складу. Особливості долин р. Смотрич та р. Ушиця — приток р. Дністер на території НПП «Подільські Товтри» сприяли утворенню щербенисто-глинистих і глинистих відкладів, принесених з верхів'я річок та змитих зі схилів. Морфологічні ознаки перезволоження проявляються в оглеєнні та оторфовані, унаслідок чого акумулюються токсичні рослинам агроценозів закисні сполуки.

Досліджували ґрунти заплави та першої тераси р. Смотрич (в районі меандр на території с. Голосків) та р. Ушиця (територія смт Стара Ушиця) Кам'янець-Подільського району Хмельницької області у 2005, 2016 та 2024 роках. Закладали ґрунтові розрізи та прикопки. Зразки ґрунту відбирали через 20 см до рівня ґрунтових вод. Лабораторні аналізи проводили за загальноприйнятими методиками в лабораторії кафедри ґрунтознавства та агрохімії (1995 та 2005 рр.) і у Західному міжрегіональному центрі ДУ «Держґрунтохорона» (2017 та 2024 рр.).

Досліджувані ґрунти потенційно родючі, але потребують осушення. Алювіальний слабо оторфований ґрунт на щербенисто-глинистих відкладах в захисній зоні р. Смотрич використовувався як пасовище, в останні роки досліджень не мав господарського використання. Рівень ґрунтових вод становив 55—98 см. У верхній частині ґрунт важко суглинковий. Щільність невисока: в верхній частині на рівні 0,6—1,05 г/см³, на глибині 50—60 см — до 1,19 г/см³. Пористість — 55—57 %.

Уміст гумусу в ґрунті високий, майже 5 %, але з глибиною знижується різко, що є нехарактерним для торф'янистих ґрунтів. Проявляється висока строкатість ґрунту за вмістом гумусу внаслідок слабо помітної шаруватості з мінеральною і оторфованою частинами профілю. Ґрунти нейтральні і слабо лужні, що зумовлено наявністю карбонатів у мінеральній частині ґрунту. Ємність поглинання на рівні чорноземних ґрунтів — 28—36 мг-екв./100 г ґрунту. Серед катіонів переважають кальцій і магній. Забезпеченість ґрунту калієм дуже низька.

Болотний торф'яний ґрунт на алювіальних відкладах середньо суглинкового характеру в долині р. Ушиця. Ділянка покрита природною рослинністю висотою 83—127 см з 100-відсотковим проєктивним укриттям з домінантою осокових,

рідко — рогіз, також зустрічаються будяк рожевий, менше — пирій повзучий, ромашка лікарська, гусячі лапки. Ґрунтові води на глибині 93—156 см.

Ґрунт пухкий, щільність твердої фази відповідає оторфованим горизонтам (в межах 1,69—1,82 г/см³). Пористість ґрунтів висока, але пористість аерації дуже низька, що характеризує перезволоження і наявність відновних умов. Показники водного режиму характерні для органогенних ґрунтів, а не для мінеральних.

Ґрунт у верхньому шарі має високий вміст гумусу — 7,7 %, який дуже різко знижується з глибиною. Реакція середовища лужна з рН 7,8—8,6 унаслідок умісту в ґрунті солей. Вміст аніонів становить майже половину від суми катіонів та аніонів. У ґрунті високий вміст натрію (2,78 %), який є наслідком вилуговування з мінералів та низький вміст кальцію (0,16 %).

Динаміка властивостей ґрунтів за період досліджень свідчить про таке:

1. Унаслідок зниження водності р. Смотрич у районі досліджень і рівня ґрунтових вод до 98 см відбувається зміна рослинності на різнотрав'я.

2. Зменшився вміст гумусу на 1,1—1,4 %, проте збільшився вміст азоту до середнього забезпечення внаслідок мінералізації рослинних решток і гумусу.

3. Реакція середовища оптимізувалася в обох ґрунтах до 6,8—7,6 одиниці рН.

4. Фізичні властивості змін не зазнали.

5. Використання ґрунтів у сільськогосподарському виробництві обмежене їх розміщенням у заповідній водоохоронній зоні, неможливістю ефективного осушення (біля р. Ушиця), слабкою і середньою кам'янистістю.

УДК 631.41:633.32:631.8:631.582

**УМІСТ РУХОМОГО АЛЮМІНІЮ
В ЯСНО-СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ ПІД КОНЮШИНОЮ ЛУЧНОЮ
ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ
У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ**

*Н. І. Козак, д-р філософії, Ю. М. Оліфір, к.с.-г.н., О. С. Гавришко, к.с.-г.н.,
Т. В. Партика, к.б.н., Ю. Є. Макух, молодш. наук. співроб.*

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

E-mail: k.m.nadia2807@gmail.com

Як відомо, алюміній не є необхідним елементом для живлення рослин, крім сполук алюмінію, які можуть бути корисними в садівництві для підкислення ґрунту. Високі концентрації рухомого алюмінію є токсичними для рослин, особливо на кислих ґрунтах, де він стає розчинним. Токсичний алюміній уповільнює ріст рослин, зв'язуючи поживні речовини, такі як фосфор, знижує врожайність та погіршує якість зерна.

Для нейтралізації токсичного впливу алюмінію на кислих ґрунтах застосовують вапнування, що підвищує рН ґрунту, роблячи алюміній менш розчинним і токсичним.

Дослідження ґрунту для визначення вмісту рухомого Al^{3+} проводилися у тривалому стаціонарному досліді (закладеному в 1965 р.) в полі конюшини лучної, вирощеної в короткоротаційній сівозміні в умовах Західного Лісостепу. Ґрунт дослідної ділянки — ясно-сірий лісовий поверхнево оглеєний. Всі види добрив та вапнування, залежно від систем удобрення, використовували під попередні культури у короткоротаційній сівозміні (кукурудза, ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної, конюшина лучна, пшениця озима). Під конюшиною лучною добрива та вапно не застосовувалися.

Результати досліджень свідчать, що вміст рухомого Al^{3+} під конюшиною лучною залежав від систем удобрення та вапнування у сівозміні. Так, за мінеральної системи удобрення, з внесенням на сівозмінну площу $N_{65}P_{68}K_{68}$, концентрація Al^{3+} у ґрунті була найвищою і становила 44,9 проти 27,8 мг/кг ґрунту на варіанті без добрив (контроль) в орному горизонті (що було вище контролю у 1,6 раза). Натомість періодичне вапнування 1,0 н $CaCO_3$ за Нг (6,0 т/га) усуває рухомий Al^{3+} в орному шарі до 1,6 мг/кг ґрунту, а в підорному — <1,0 мг/кг ґрунту. Органічна система удобрення (10 т гною на 1 га сівозмінної площі) сприяє зменшенню концентрації Al^{3+} до 9,4 і 8,1 мг/кг ґрунту у шарі 0—20 та 20—35 см відповідно.

Комбіновані системи удобрення у сівозміні здатні утримувати рухомий алюміній під конюшиною лучною на низькому рівні відносно контролю (без добрив). Система тривалого застосування мінеральних добрив як однією ($N_{65}P_{68}K_{68}$), так і півтори дози ($N_{105}P_{101}K_{101}$) на фоні 1,0 і 1,5 н $CaCO_3$ за Нг, відповідно, знизилася його вміст до 5,2 мг/кг ґрунту в орному та до 4,0 мг/кг ґрунту в підорному горизонтах.

Поєднане застосування мінеральних і органічних добрив на фоні вапнування теж позитивно впливає на зменшення вмісту рухомого Al^{3+} у ґрунті. Так, найнижчі значення рухомого Al^{3+} (3,8 мг/кг ґрунту (0—20 см) і 2,4 мг/кг ґрунту (20—35 см) зафіксовано за застосування орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування оптимальною дозою вапна, розрахованого за рН-буферністю, яка передбачає внесення на 1 га сівозмінної площі $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т гною і 2,5 т вапна.

Отже, на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах Західного Лісостепу застосування у короткоротаційній сівозміні орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування найбільш оптимально сприяє нейтралізації токсичного алюмінію для рослин в полі конюшини лучної.

**ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ДУБЕНСЬКОГО
РАЙОНУ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА КИСЛОТНІСТЮ***Г. Д. Крупко, к.с.-г.н.,**Рівненський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»**E-mail: rivne_grunt@ukr.net*

Основою сільськогосподарського виробництва є ґрунт. Поліпшення його культурного стану — одна із найважливіших умов підвищення родючості. Головне завдання землеробства передбачає максимальне і раціональне використання ґрунтів як головного засобу виробництва в сільському господарстві, забезпечення росту врожайності сільськогосподарських культур.

Для більшості сільськогосподарських рослин оптимальна реакція ґрунтів знаходиться в інтервалі рН 6,5—8,0. Ґрунти промивного водного режиму (буроземи, підзоли, жовтоземи) володіють підвищеною кислотністю (рН 5—6, обмінний водень, токсичний рухомий алюміній). Ще вища кислотність болотних ґрунтів змінного окисно-відновного режиму (рН іноді 3—4). Родючість і загальна біопродуктивність кислих ґрунтів тим нижчі, чим вище їх кислотність.

Агрохімічне обстеження ґрунтового покриття Дубенського району Рівненської області проведено у 2023 році на площі 12,8 тис. га. Площі обстежених ґрунтів Дубенського району становлять переважно темно-сірі опідзолені і чорноземні опідзолені — 5,3 тис. га (41,4 %) та ясно-сірі і сірі опідзолені ґрунти — 3,9 тис. га (30,5 %) різного ступеня змитості. Решту площ складають лучні і чорноземно-лучні ґрунти — 1,9 тис. га (14,8 %) та чорноземи типові — 1,2 тис. га (9,4 %). Незначні площі займають дерново-підзолисті та намиті опідзолені ґрунти — 0,2 тис. га (1,6 %). За результатами досліджень ґрунтового покриття Дубенського району встановлено, що за ступенем кислотності та лужності обстежені сільськогосподарські угіддя розподілилися так: дуже сильнокислі та сильнокислі ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ менше 4,5) — 0,3 тис. га (2,3 %), середньокислі ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ від 4,6 до 5,0) — 0,7 тис. га (5,5 %), слабокислі ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ 5,1—5,5) — 1,3 тис. га (10,2 %), близькі до нейтральних ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ від 5,6 до 6,0) — 2,4 тис. га (18,8 %), нейтральні ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ від 6,1 до 7,0) — 5,5 тис. га (42,9 %), слаболужні ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ від 7,1 до 7,5) — 2,6 тис. га (20,3 %). Середньозважений показник $\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ по району становить 6,3, що відповідає нейтральному ступеню кислотності. У розрізі сільських рад середньозважений показник кислотності знаходився в межах 5,5—6,9 од. Найнижчий показник кислотності мають ґрунти Привільненської сільської ради с. Молодаво — 5,5 од., а найвищий — Мирогощанської сільської ради с. Княгинин, де показник становить 6,9 од. Порівнюючи з попереднім туром (ХІ тур, 2016—2020 рр.) агрохімічного обстеження ґрунтів, відбувся перерозподіл

площ, а саме: площі ґрунтів з слабокислою, середньокислою, близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину збільшилися на 4,0, 3,7 та 3,2 % відповідно, проте площі ґрунтів з нейтральною та слаболужною реакцією ґрунтового розчину зменшилися на 16,0 та 2,7 % відповідно. Середньозважений показник $pH_{КС\ell}$ по району в порівнянні з попереднім туром агрохімічного обстеження дещо знизився і становить 6,3 од. проти 6,8 од., що відповідає нейтральному ступеню кислотності.

Основним шляхом поліпшення агрохімічних, фізико-хімічних і фізичних властивостей кислих ґрунтів є їх хімічна меліорація (вапнування).

За результатами XII туру агрохімічної паспортизації сільськогосподарських угідь у 2023 році в районі зосереджено 18 % кислих ґрунтів з реакцією ґрунтового розчину ($pH_{КС\ell}$) менше 5,6. Аналізування обсягів вапнування кислих ґрунтів у районі свідчить, що за останні роки проводилося лише підтримувальне вапнування потужними агропідприємствами. У 2011—2015 роках обсяг робіт з хімічної меліорації становив 11,321 тис. га, 2016—2020 роках — 5,715 тис. га, 2021 році — 16,063 тис. га, 2022 році — 4,775 тис. га, 2023 році — 13,535 тис. га. Загалом внесено 32,484 тис. тонн вапнякових матеріалів. Для вапнування використовувався місцевий вапняковий меліорант мелена крейда.

Отже, вапнування ґрунтів — це один з найважливіших шляхів підвищення економічної ефективності сільськогосподарського виробництва. Цей захід, суттєво знижуючи кислотність ґрунту, підвищує його родючість, а також ефективність використання добрив.

УДК 631.423.4

ДИНАМІКА ВМІСТУ ГУМУСУ НА МОНІТОРИНГОВИХ ДІЛЯНКАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗОНИ ПОЛІССЯ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Г. Д. Крупко¹, к.с.-г.н., Д. В. Лико², д.с.-г.н., професор,

О. І. Портухай², к.с.-г.н., доцент, С. М. Лико³, к.с.-г.н., професор

¹Рівненський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

²Рівненський державний гуманітарний університет

³Національний університет водного господарства та природокористування

E-mail: rivne_grunt@ukr.net; portuhayo@gmail.com; lykoserghij@gmail.com

Важливою органічною частиною ґрунту є гумус, що утворюється в результаті розкладання тваринних і рослинних решток. Він з мінеральною частиною ґрунту утворює ґрунтово-поглинальний комплекс, який забезпечує рослини всіма необхідними поживними речовинами та визначає основні фізичні і біологічні властивості ґрунту. Без внесення добрив зв'язок урожаю сільськогосподарських культур з вмістом гумусу настільки тісний, що гумус при цьому стає одним із основних показників родючості ґрунтів.

Дослідження вмісту гумусу у ґрунтах зони Полісся Рівненської області проведено фахівцями Рівненського регіонального центру ДУ «Держґрунтохорона». Моніторингові ділянки розміщені в усіх адміністративних районах на різних типах ґрунтів і враховують усі ґрунтово-кліматичні умови Рівненської області. Натепер закладено та проводяться дослідження на 11 моніторингових ділянках у зоні Полісся з яких: три — на дерново-підзолистих ґрунтах (с. Яринівка, с. Людинь, с. Велике Вербче); дві — на лучних ґрунтах (с. Заболоття, с. Стара Рафалівка); 5 — на дернових ґрунтах (с. Полиці, с. Балаховичі, с. Степань, с. Велюнь, с. Орв'яниця); одна — на чорноземному ґрунті (с. Головин).

З 11 моніторингових ділянок поліської частини Рівненської області шість розміщені на ріллі, дві — сіножатах, дві — на пасовищах та одна знаходиться під багаторічними насадженнями.

Динаміку вмісту гумусу на моніторингових ділянках спостереження зони Полісся Рівненської області з 2019 по 2023 рік наведено на рис. 1.

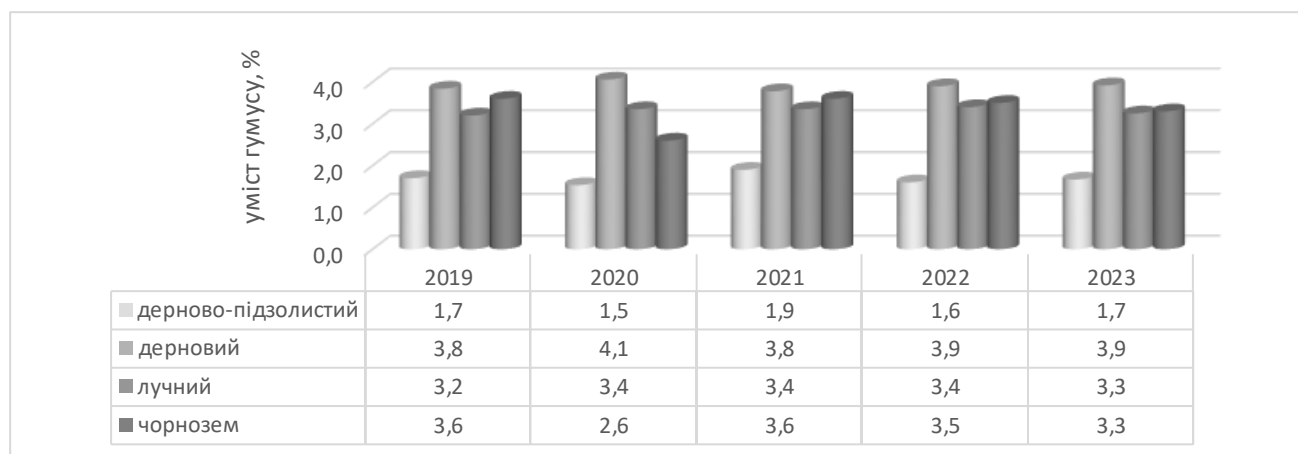


Рис. 1. Динаміка вмісту гумусу на моніторингових ділянках спостереження зони Полісся Рівненської області з 2019 по 2023 рік, %

Найнижчі показники вмісту гумусу відмічено в дерново-підзолистих ґрунтах (1,5—1,9 %), за середнього показника — 1,7 %, що відповідає низькому вмісту. У чорноземних ґрунтах уміст гумусу становив 2,6—3,6 %, за середнього показника 3,3 %, що відповідає підвищеному рівню. В дернових ґрунтах уміст гумусу протягом п'яти років досліджень (2019—2023 рр.) коливався в межах 3,8—4,1 %, за середнього показника — 3,9 % (підвищений). У лучних ґрунтах уміст гумусу становив 3,2—3,4 %, відповідно середній показник — 3,3 %, що відповідає підвищеному вмісту.

Отже, основні типи ґрунтів зони Полісся за вмістом гумусу можна розмістити у спадаючий ряд: дернові>чорноземні>лучні>дерново-підзолисті. Дернові, лучні та чорноземні ґрунти характеризуються підвищеним умістом

гумусу, а дерново-підзолисті — низьким. Варто зазначити, що дослідження вмісту гумусу є дуже важливим, оскільки дозволяє правильно планувати систему удобрення, визначати потребу у внесенні органічних і мінеральних добрив. Високий вміст гумусу сприяє підвищенню урожайності та поліпшенню якості сільськогосподарської продукції, тоді як його зниження свідчить про деградацію ґрунтів. Тому контроль за вмістом гумусу є необхідною умовою раціонального використання земельних ресурсів і підтримання сталого розвитку агроєкосистем.

УДК 631:173:633

ДИНАМІКА АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ОЦІНКА РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ПСП «КРИВЕЦЬ»

І. С. Кузьменко, В. Д. Зосімов, Л. Г. Шило, М. П. Чаплінський, С. М. Бондаренко

ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: nessi_ku@ukr.net

Упродовж останніх років відбувається постійна трансформація земельного фонду. Скорочується площа сільськогосподарських угідь, зростає антропогенне навантаження, значно погіршується якісний стан земельного фонду. Збільшується площа еродованих земель, знижується родючість ґрунту, зростає дефіцит поживних речовин, що негативно позначається на сільськогосподарському виробництві. Інтенсивне та нераціональне використання сприяє збільшенню у структурі земель площ ґрунтів з незадовільними властивостями [1].

Порівняльна характеристика агрохімічних показників ґрунтів у ПСП «Кривець» є важливим аналітичним інструментом, що дозволяє комплексно оцінити стан та рівень родючості ґрунтового покриву підприємства. Порівняння агрохімічних показників ґрунтів є необхідним етапом для науково обґрунтованого планування системи удобрення. Воно дозволяє об'єктивно визначити потребу підприємства в мінеральних і органічних добривах, уточнити їх оптимальні норми та співвідношення, уникнути надлишкового або недостатнього внесення та забезпечити раціональне використання ресурсів. Також такий аналіз сприяє оцінці ефективності застосованих агротехнічних заходів: порівняння даних за різні роки дає можливість встановити, наскільки дієвими були зміни у системі землеробства, чи сприяли вони підвищенню родючості ґрунту та стабілізації його агрохімічного стану.

Порівняльна характеристика відіграє важливу роль ще й у прийнятті управлінських рішень. На її основі формується сівозміна, плануються витрати на добрива, визначаються пріоритетні напрями підвищення продуктивності окремих полів. У багатьох випадках таке аналізування є складовою обов'язкової документації — агрохімічних паспортів, проєктів землеустрою, екологічних

аудитів чи звітів для контролюючих органів. Він може бути необхідним і для залучення інвестицій або участі в грантових програмах, де вимагається обґрунтована інформація про стан ґрунтових ресурсів.

Отже, порівняльна характеристика агрохімічних показників ґрунтів у ПСП «Кривець» є комплексною оцінкою, що забезпечує науково обґрунтоване управління землеробством, підвищення ефективності виробництва та довгострокове збереження родючості ґрунтів.

Порівняння агрохімічних властивостей основних типів ґрунтів господарства ПСП «Кривець» наведено за результатами обстежень 2019 та 2024 років [2, 3]. Аналіз здійснено за такими ключовими параметрами: кислотність (рН), уміст гумусу, забезпеченість азотом, фосфором, калієм та мікроелементами, а також інтегральна бонітетна оцінка ґрунтів (рис. 1, 2).

Структура ґрунтового покриву підприємства у 2024 році загалом зберегла характеристики 2019 року: площа угідь змінилася незначно (з 1559,0 до 1546,27 га), а провідне місце, як і раніше, займають темно-сірі та чорноземні опідзолені ґрунти, що охоплюють понад 65 % території в обидва періоди. Незначні зміни окремих контурів можуть бути пов'язані з уточненням меж або перерозподілом сільськогосподарських ділянок.

У показниках кислотності ґрунтів простежується загальна тенденція до зменшення $pH_{\text{сол}}$. Для більшості ґрунтів реакція залишається у межах близьких до нейтральних ґрунтів, зокрема для темно-сірих та опідзолених чорноземів значення майже незмінні (5,7 у 2019 р. та 6,1 у 2024 р.).

Уміст гумусу за досліджуваний період демонструє легку тенденцію до зниження. Середні значення по господарству зменшилися з 2,85 % у 2019 році до 2,8 % у 2024 році, а найбільш відчутне падіння зафіксовано на темно-сірих та опідзолених чорноземах — з 2,78 % до 2,72 %. Таке зниження, ймовірно, зумовлене інтенсивним використанням ґрунтів, недостатнім внесенням органічних добрив і недостатнім поверненням рослинних решток.

У забезпеченості ґрунтів основними елементами живлення спостерігається переважно негативна динаміка. Вміст азоту знизився з 133,14 мг/кг до 128,35 мг/кг, особливо на темно-сірих ґрунтах. Аналогічна тенденція характерна для фосфору: загальний рівень доступного P_2O_5 зменшився з 163,99 до 139,48 мг/кг, причому на окремих ділянках втрати перевищують 20—30 мг/кг. Найбільш критичним є зниження забезпеченості калієм: середній вміст K_2O впав з 142,03 до 97,07 мг/кг, що свідчить про істотний виніс елемента культурами без належної компенсації мінеральними добривами.

ПСП "Кривець" с. Кривець Ставищенського р-ну, обстеження 2019р

№ п/п	Назва ґрунту	Площа, га	Щґ	ММВ/ПВ	Нг	РН-сол	СВО	Гумус	N	P2O5	K2O	B	Mn ПР	Co	Cu	Zn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Ясно-сірі і сірі опідзолені неоглеси та глеюваті легко- і середньосуглинкові	10.00	1.40	190.00	2.99	4.80	12.40	2.68	114.80	112.00	129.00	1.24	41.08	0.20	0.18	0.49
2	Ясно-сірі і сірі опідзолені слабозмні сушішані	18.00	1.48	148.00	1.70	5.60	14.80	2.80	114.80	169.50	165.00	0.99	41.42	0.24	0.20	0.75
3	Темно-сірі і чорноземні опідзолені та їх глеюваті відмінні легко- і середньосуглинкові	1102.00	1.30	175.00	2.68	6.00	21.31	2.78	127.60	164.90	147.70	1.43	35.48	0.22	0.20	0.65
4	Темно-сірі і чорноземні опідзолені слабозмні легко- і середньосуглинкові	24.00	1.30	175.00	1.82	5.70	20.47	2.34	113.90	171.00	165.00	1.37	26.34	0.25	0.19	0.52
5	Темно-сірі і чорноземні опідзолені середньозмні легко- і середньосуглинкові	31.00	1.35	180.00	1.97	5.80	18.01	2.31	131.20	177.10	151.50	1.26	34.40	0.19	0.24	0.40
6	Чорноземні типові легко- і середньосуглинкові	354.00	1.18	190.00	3.08	5.80	25.71	3.16	153.30	160.90	122.70	1.67	30.34	0.19	0.14	0.63
7	Чорноземні типові слабозмні легко- і середньосуглинкові	20.00	1.18	190.00	2.74	5.80	25.20	2.84	132.30	160.80	113.80	1.53	31.99	0.20	0.02	0.70
	Загалом по господарству	1559.00	1.27	178.48	2.73	5.94	22.15	2.85	133.14	163.99	142.03	1.48	34.21	0.21	0.18	0.64

Рис. 1. Агрохімічна характеристика основних типів ґрунтів ПСП «Кривець» за 2019 рік

ПСП "Кривець" с. Кривець Білоперківського р-ну (Ставищенського) обстеження 2024 р.

№ п/п	Назва ґрунту	Площа, га	Щґ	ММВ/ПВ	Нг	РН-сол	СВО	Гумус	N	P2O5	K2O	B	Mn ПР	Co	Cu	Zn	Оцінка в балах
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Ясно-сірі і сірі опідзолені глєві сушішані	12.31	1.48	148.00	0.00	5.70	14.00	2.78	168.00	163.00	140.00	0.98	36.23	0.30	0.25	1.52	44.3
2	Ясно-сірі і сірі опідзолені середньозмні сушішані	4.95	1.48	148.00	2.02	5.60	14.00	1.85	168.00	150.00	106.00	0.78	35.21	0.16	0.19	2.75	24.6
3	Темно-сірі і чорноземні опідзолені та їх глеюваті відмінні легко- і середньосуглинкові	1036.19	1.30	175.00	2.47	6.10	17.93	2.72	126.60	143.70	96.60	0.73	26.23	0.18	0.18	1.26	45.7
4	Темно-сірі і чорноземні опідзолені слабозмні легко- і середньосуглинкові	56.53	1.30	175.00	2.86	5.60	15.76	2.39	129.60	119.50	102.80	0.68	30.53	0.20	0.22	1.61	35.5
5	Темно-сірі і чорноземні опідзолені середньозмні легко- і середньосуглинкові	46.80	1.35	180.00	2.41	6.10	18.82	1.99	113.80	123.70	115.20	0.71	30.32	0.18	0.19	1.59	25.3
6	Чорноземні типові легко- і середньосуглинкові	389.49	1.18	190.00	0.00	6.40	21.88	3.18	132.70	132.10	93.80	0.88	25.49	0.16	0.14	0.97	60.5
	Загалом по господарству	1546.27	1.27	178.63	1.84	6.16	18.83	2.80	128.35	139.48	97.07	0.77	26.43	0.17	0.17	1.22	48.36

Рис. 2. Агрохімічна характеристика основних типів ґрунтів ПСП «Кривець» за 2024 рік

Уміст мікроелементів загалом залишається в межах допустимих значень (рис. 3).

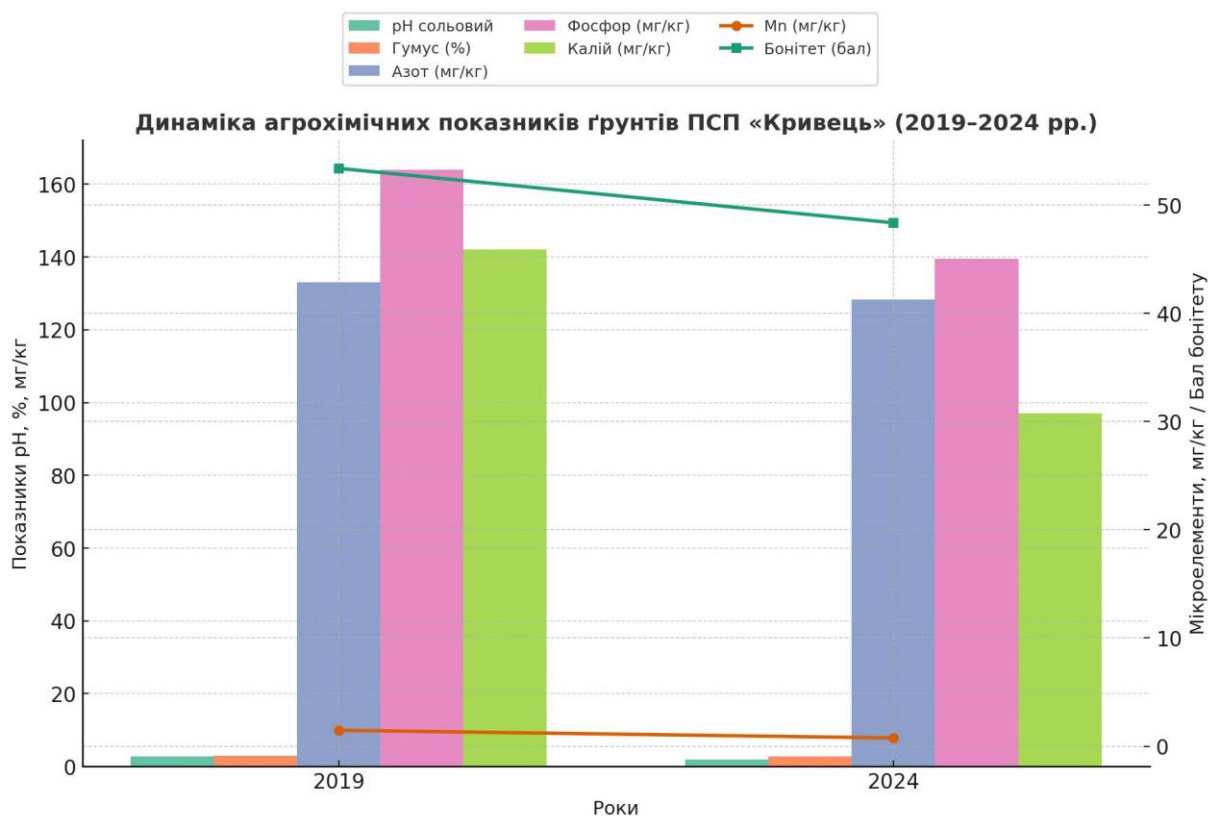


Рис. 3. Комплексна оцінка змін агрохімічних властивостей ґрунтів ПСП «Кривець» у 2019—2024 роках

На основі порівняльного аналізу агрохімічних показників ґрунтів встановлено чітку тенденцію до поступового погіршення їхнього агрономічного стану протягом п'ятирічного періоду. Незважаючи на відносно стабільну структуру ґрунтового покриття та незначні зміни у площах угідь, які не впливають суттєво на загальну характеристику території, хімічні та фізико-хімічні властивості ґрунтів зазнали негативної динаміки.

Зниження вмісту гумусу, макро- та мікроелементів, зокрема азоту, фосфору та особливо калію, свідчить про інтенсивне використання елементів живлення за відсутності достатнього їх поповнення. Це вказує на дисбаланс у системі удобрення та потребує коригування, оскільки дефіцит ключових елементів є прямою загрозою для продуктивності культур і сталості ґрунтової родючості. Погіршення забезпеченості калієм, яке має найбільш виражений характер, може призвести до зниження стійкості рослин до абіотичних стресів та загального падіння врожайності.

Інтегральний показник родючості (агрохімічна оцінка в балах) — зменшився більш ніж на п'ять пунктів, що підтверджує загальне погіршення як хімічних, так і фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Сукупність виявлених змін засвідчує необхідність перегляду системи удобрення, оптимізації структури сівозміни,

збільшення частки органічних добрив і впровадження заходів, спрямованих на відновлення ґрунтової родючості.

Фахівці ДУ «Держґрунтохорона» можуть надати комплексну науково-практичну підтримку для поліпшення стану ґрунтів підприємства. По-перше, можуть провести детальний агрохімічний аналіз ґрунтів, підтвердити або уточнити отримані дані щодо кислотності, вмісту гумусу, макро- і мікроелементів, а також виявити приховані дефіцити поживних речовин. По-друге, ми здатні розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо диференційованого внесення добрив та підбору оптимальних норм мінеральних і органічних підживлень, що дозволить відновити баланс елементів живлення. По-третє, фахівці можуть запропонувати заходи щодо поліпшення структури сівозміни, відновлення родючості ґрунтів та підвищення їхньої продуктивності в довгостроковій перспективі. Також наш Інститут може допомогти у впровадженні системи регулярного моніторингу ґрунтів, що дозволить своєчасно виявляти негативні тенденції та коригувати технології землеробства, забезпечуючи сталий та економічно ефективний розвиток господарства.

Література

1. Війтик О. Г., Башта Г. В., Діак В. І, Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області у 2016 році.
2. Матеріали обстеження сільськогосподарських угідь ПСП «Кривець» с. Кривець Ставищенського р-ну Київської обл. Київ, 2019.
3. Матеріали обстеження сільськогосподарських угідь ПСП «Кривець» с. Кривець Ставищенського р-ну Київської обл. Київ, 2024.

УДК 631.811: 633.85]:631.816.3

БАЛАНС АЗОТУ В ҐРУНТІ ПІД ПОСІВАМИ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

*В. В. Любич, д.с.-г.н., професор,
О. В. Стоцький, здобувач ступеня доктора філософії
Уманський національний університет
E-mail: LyubichV@gmail.com*

Азот має вирішальне значення для оптимальної врожайності сільськогосподарських культур і є ключовим елементом для росту рослин. Глобальний рівень використання азотних добрив загалом низький, часто становить близько 40—53 %, що призводить до неефективності сільськогосподарської практики, де фермери часто застосовують надмірну кількість азотних добрив, що перевищує фактичні потреби росту культур.

Надмірне застосування азотних добрив збільшує сільськогосподарські витрати і спричиняє екологічні проблеми, про що повідомляється в усьому світі.

Також надмірне застосування азотних добрив може сприяти збільшенню викидів парникових газів, таких як N_2O , який має високий потенціал глобального потепління. Тому підвищення ефективності використання азотних добрив є життєво важливим для глобальної продовольчої безпеки, сталого економічного розвитку та пом'якшення екологічного впливу сільського господарства.

Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем $48^{\circ} 46'$ північної широти і $30^{\circ} 14'$ східної довготи на дослідному полі Уманського національного університету протягом 2023—2025 рр. Повторення дослідів триразове. Площа облікової ділянки 25 м^2 . Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з умістом гумусу 3,8 %, уміст азоту легкогідролізованих сполук — низький, рухомих сполук фосфору та калію — підвищений, pH_{KCl} — 5,7.

Схема застосування добрив під соняшник (гібрид Неома (середньостиглий) (Syngenta AG), лінолевий тип) мала такі варіанти: Без добрив (контроль), $P_{60}K_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$. Відповідно до схеми дослідів фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні — передпосівну культивуацію.

Дослідження свідчать, що застосування добрив значно збільшує господарське винесення азоту з урожаєм насіння соняшника. Застосування фосфорних і калійних добрив збільшувало господарське винесення азоту до $154,5 \text{ кг/га}$, або на 8 %. У варіанті з повним мінеральним добривом цей показник збільшувався до $195,8 \text{ кг/га}$, або на 37 %. Господарське винесення азоту на азотно-калійній та азотно-фосфорній системі удобрення було на 4—7 % меншим, порівнюючи з повним мінеральним добривом ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Підвищення частки азотної складової до 90—120 кг/га д. р. в складі повного мінерального добрива збільшувало господарське винесення до $201,8$ — $209,1 \text{ кг/га}$, або на 3—7 %, порівнюючи з внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$. За внесення $N_{90}P_{60}K_{90}$ господарське винесення азоту збільшувалося лише на 4 %.

Необхідно зазначити, що позакореневе підживлення рослин бором у різні фази росту соняшника збільшувало господарське винесення азоту лише на 2—4 % порівняно з повним мінеральним добривом без підживлення.

Від'ємний баланс азоту в ґрунті був в усіх варіантах дослідів незалежно від застосування добрив. Варто наголосити, що найбільший дефіцит отримано в 2023 р. завдяки високій врожайності насіння. Менший дефіцит азоту формувався у 2025 р. Від'ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні мінус $49,5$ — $125,6 \text{ кг/га}$ залежно від року дослідження.

Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності застосування добрив різних гібридів соняшника.

УДК 631.445.2:631.81

**ФОРМУВАННЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНОЇ БУФЕРНОСТІ ЯСНО-СІРИХ
ЛІСОВИХ ПОВЕРХНЕВО-ОГЛЕСНИХ ҐРУНТІВ**

ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ

*Ю. М. Оліфір, к.с.-г.н., старш. наук. співроб., Т. В. Партика, к.б.н., старш. дослідник, О. С. Гавришко, к.с.-г.н., старш. дослідник, Н. І. Козак, д. філософії
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна*

E-mail: olifir.yura@gmail.com

Однією з ключових проблем сталого землеробства є підтримання оптимальної кислотно-лужної рівноваги ґрунтів, особливо із підвищеною кислотністю. Тривале використання мінеральних добрив, зміни в сівоzmінах та інтенсивне землекористування спричиняють зниження буферної здатності ґрунтів, що призводить до деградації агроєкосистем. У цьому контексті вивчення довготривалих процесів формування кислотно-лужної рівноваги має особливе значення для розуміння механізмів стійкості ґрунтів до підкислення.

Дослідження проводили в умовах тривалого стаціонарного досліду, закладеного в Інституті у 1965 р. на кислому ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті, з різними дозами та співвідношеннями мінеральних добрив, гною і вапна в XI ротачії сівоzmіни.

Результати тривалих досліджень свідчать, що поєднання збалансованого удобрення з періодичним вапнуванням забезпечує підвищення буферної здатності ясно-сірого лісового ґрунту та стабілізацію кислотно-основної буферності. Визначено, що оптимізація сівоzmіни зі зменшенням частки культур із високим винесенням основ позитивно впливає на показники рН і знижує концентрацію рухомого алюмінію. Застосування органо-мінеральних систем удобрення з внесенням на гектар сівоzmінної площі 10 т гною, сприяє накопиченню гумусових речовин, що додатково підсилює буферну здатність ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту.

Отримані дані підтверджують важливість визначення норм вапнування з урахуванням реальної буферної здатності, а не лише гідролітичної кислотності. Такий підхід дозволяє більш точно прогнозувати реакцію ґрунту та уникати надмірного підлуження або повторного підкислення.

Аналізування засвідчило, що тривале застосування мінеральних добрив без відповідного вапнування призводить до поступового зниження буферності та накопичення рухомого алюмінію. Навпаки, поєднання органічних добрив з

вапном сприяє стабілізації рН та підтриманню оптимального співвідношення основ у ґрунтовому вбирному комплексі.

Варто зазначити, що зміни у вмісті органічної речовини, зокрема у фракційному складі гумусу, мають безпосередній зв'язок із буферними властивостями. Мікробіологічна активність, кліматичні умови та система управління рослинними рештками відіграють суттєву роль у цих процесах. Розширення таких досліджень дозволяє глибше зрозуміти механізми регуляції кислотно-лужної рівноваги.

Додаткове порівняння отриманих результатів із даними щодо інших типів ґрунтів засвідчило, що ясно-сірі лісові поверхнево-оглеєні ґрунти характеризуються відносно низьким порогом стійкості до підкислення, тому своєчасне вапнування є критично важливим для збереження його родючості.

Отже, дослідження, проведені у тривалому стаціонарному досліді, дали змогу простежити закономірності зміни кислотно-основної буферної здатності ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту під впливом тривалого застосування різних систем удобрення та вапнування. Збалансоване внесення добрив у поєднанні з вапнуванням сприяло зниженню рН, зменшенню вмісту рухомого алюмінію та підвищенню суми ввібраних основ. Саме тому буферна здатність ґрунту є чутливим індикатором сталості агроєкосистем і повинна враховуватися під час розрахунку доз вапна та розроблення систем удобрення.

УДК 633.15:632.954.631.8

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ФЕРТИГАЦІЇ В ЗРОШУВАНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ УКРАЇНИ

Д. М. Онопрієнко, к.с.-г.н., професор

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

E-mail: onopriienko.d.m@dsau.dp.ua

Зважаючи на поточну ситуацію в Україні, пов'язану з війною, втратою Каховського водосховища та стрімкими кліматичними змінами, зона Степу перебуває під серйозною загрозою деградації. Втрата зрошувальних систем, які 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 малопридатну для життя та господарської діяльності територію. Тому відродження одного з найбільших кластерів зрошуваних земель у Європі (понад 1 млн га проектної потужності), який функціонував в Україні та використовував воду з Каховського водосховища — є актуальним і пріоритетним завданням.

Наголосимо, що зрошення є ключовим фактором отримання стабільних урожаїв у степовій зоні. За нинішніх кліматичних умов, урожайність кукурудзи на зерно без зрошення у середній за вологістю рік може становити лише 3—5 т/га. У посушливі роки вже в червні поля з кукурудзою нерідко обробляють дисковими бородами чи культиваторами через економічну недоцільність подальшого вирощування. Така практика свідчить про значний вплив посухи на аграрне виробництво. У цьому контексті зрошення та фертигація є ключовими інструментами забезпечення продовольчої безпеки України та економічної стабільності як на національному рівні, так і для окремих господарств.

Основними перевагами фертигації, порівнюючи з іншими способами, є можливість гармонійно вносити поживні речовини з водою і більш рівномірно розподіляти їх в активній кореневій зоні ґрунту. Ефективність використання добрив підвищується завдяки зменшенню норми удобрення на одиницю продукції, зменшенню втрати добрив на вимивання в глибші шари ґрунту, газоподібним втратам, іммобілізації. За фертигації менше ущільнюються ґрунти і механічно пошкоджуються рослини. Поживні речовини в маточному розчині знаходяться в іонному вигляді, що є легкодоступним для рослин. Є можливість контролювати вміст і співвідношення між елементами живлення з урахуванням споживання конкретними сільськогосподарськими культурами по фазах росту і розвитку. За правильно підбраного складу маточного розчину надлишок елементів живлення і їх токсичний вплив на рослини є малоімовірним. Мінімізується негативний вплив агрохімікатів на навколишнє природне середовище, тому що використовувані розчини є слабо концентрованими (0,1—0,5 %). Отже, за фертигації поряд з меншою кількістю поданої рослинам води і економією добрив суттєво скорочується використання часу, праці та енергії. Як відомо, сьогodнішні світові тренди розвитку зрошуваного землеробства та фертигації полягають саме у екологічно безпечному водо- та землекористуванні шляхом контролю забруднення довкілля нітратами та сполуками азоту.

До недоліків фертигації можна віднести додаткові затрати на обладнання, що необхідне для розчинення, дозування і введення у поливний потік води поживних речовин. За цієї технології потрібно проводити постійно моніторинг, а це потребує підготовки кадрів високої кваліфікації. Всі мінеральні добрива, особливо азотні, мають корозійний вплив на металоконструкції дощувальної техніки і всього іригаційного обладнання. За неправильного змішування води з добривами і розчинення їх у воді можуть утворюватися осади і шлами. Переважна частина азотних та калійних добрив добре розчинні у воді, але їх вибір обмежений і досить висока вартість на ринку. Найчастіше, використовуючи фертигацію, з поливною водою вносять макроелементи (азот, фосфор і калій), а мікроелементи використовують у вигляді позакореневих підживлень невеликими

поливними нормами враховуючи швидкість і час вприскування, технологію проведення і техніку поливів, рівномірність розподілу води і фактичний вміст поживних речовин в ґрунті.

УДК 631.423

ДИНАМІКА КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ТОВ «АГРОКОМПЛЕКС «ЗЕЛЕНА ДОЛИНА» ТОМАШПІЛЬСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ТУЛЬЧИНСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

В. І. Пасічняк, Л. П. Наконечний, Л. М. Чернявський, М. І. Нагребецький

Південно-західний міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: vinroducthist@ukr.net

Одним з основних факторів, які впливають на родючість ґрунту є реакція ґрунтового середовища. Тому постійний контроль та утримання її в оптимальних параметрах є запорукою збереження та підвищення родючості ґрунтів. Від реакції ґрунту залежить засвоєння рослинами поживних речовин, ефективність внесення добрив, кількісні та якісні показники урожайності вирощуваних культур. За ведення сільськогосподарської діяльності важливо мати достовірну інформацію про реакцію ґрунтового розчину, адже кожна культура потребує певних інтервалів рН ґрунту для нормального росту і розвитку.

Південно-західним міжрегіональним центром ДУ «Держґрунтохорона» досліджено кислотність ґрунтового розчину ($\text{pH}_{\text{сол}}$) земель ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина» Томашпільської територіальної громади Тульчинського району Вінницької області у 2022 році (XII тур обстежень) на площі 11577,7 га (табл. 1). Під час досліджень використовували Методику проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення.

Результатами досліджень кислотності ґрунтового розчину встановлено, що обстежені площі ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина» за ступенем кислотності розподілилися так: дуже сильнокислі та сильнокислі землі з рН менше 4,5 у господарстві відсутні, середньокислих з рН 4,6—5,0 — 1011,8 га (8,8 %), слабокислих з рН 5,1—5,5 — 3869,9 га (33,4 %). Загальна площа кислих земель становить 4881,7 га (42,2 %). Ґрунтів, близьких до нейтральних з рН 5,6—6,0 — 3798,1 га (32,8 %), нейтральних з рН 6,0—7,0 — 2 897,9 га (25,0 %).

Порівнюючи ступінь кислотності ґрунтів за XI та XII тури обстежень варто зазначити, що загальна частка кислих земель зменшилася на 8,3 %, що свідчить про зменшення процесів підкислення ґрунтів. Також за останній тур обстежень сильнокислі землі в господарстві відсутні, частка середньокислих земель зменшилася на 0,6 %, слабокислих — на 6,9 %, а частка земель близьких до нейтральних — на 7,2 %. Частка нейтральних земель збільшилася на 15,5 %, що

свідчить про поліпшення стану кислотності ґрунтів та про проведену господарством роботу з хімічної меліорації ґрунтів.

Таблиця 1

Динаміка зміни реакції ґрунтового розчину ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина» Томашпільської територіальної громади Тульчинського району Вінницької області у XI—XII турах обстежень

Назва села	Обстежена площа, га	Частка ґрунтів за реакцією ґрунтового розчину, %					
		сильнокислі 4,1–4,5	середньокислі 4,6–5,0	слабокислі 5,1–5,5	всього кислих <4,5–5,5	близькі до нейтральних 5,6–6,0	нейтральні 6,0–7,0
XI тур обстежень (2017 р.)							
Томашпіль	1587,6		25,2	50,2	75,4	22,7	1,9
Велика Русава	3724,8	2,6	9,5	45,9	58,0	37,2	4,8
Вила	1621,8		0,0	21,7	21,7	78,3	
Гнатків	1325,8		3,1	20,8	23,9	59,2	16,9
Пилипи-Борівські	878,4			65,8	65,8	22,7	11,5
Ракова	907,6		11,3	39,3	50,6	37,6	11,8
Паланка	1665,2		12,1	39,1	51,2	20,8	28,0
Разом по господарству	11711,2	0,8	9,4	40,3	50,5	40,0	9,5
XII тур обстежень (2022 р.)							
Томашпіль	1486,2		5,2	24,6	29,8	45,3	24,9
Велика Русава	3655,8		5,1	26,7	31,8	48,5	19,7
Вила	1522,4			38,0	38,0	48,5	13,5
Гнатків	1302,0			13,3	13,3	18,8	67,9
Пилипи-Борівські	925,7			22,3	22,3		77,7
Ракова	1043,4		22,2	66,4	88,6	11,4	
Паланка	1642,2		31,5	53,4	84,9	15,1	
Разом по господарству	11577,7		8,8	33,4	42,2	32,8	25,0

Отже, результатами обстеження встановлено, що серед земель ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина» Томашпільської територіальної громади Тульчинського району Вінницької області за реакцією ґрунтового розчину переважають слабокислі та близькі до нейтральних землі.

**ДЕГРАДОВАНІ ҐРУНТИ ТА ЗАХОДИ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ
ЇХ РОДЮЧОСТІ В УМОВАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

І. О. Пятковська, к.геол.н, О. В. Матвійчук, Р. І. Налужний, А. А. Сончак

Івано-Франківський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: ifroducthist@ukr.net

В умовах загострення світової продовольчої кризи дуже важливо підвищити виробництво сільськогосподарської продукції, що тісно пов'язано із збереженням родючості ґрунтів.

Інтенсивне ведення сільського господарства призводить до поширення деградаційних процесів — змитих, розмитих, заболочених, кислих ґрунтів, простежується тенденція зниження вмісту гумусу та поживних речовин.

Об'єкт досліджень — сільськогосподарські угіддя Івано-Франківської області. Мета — дослідження причин деградації ґрунтів Івано-Франківщини. Для досягнення цієї мети виконано такі завдання: вивчення сучасного стану сільськогосподарських угідь, визначено чинники, що зумовлюють деградацію ґрунтів, запропоновано заходи щодо поліпшення використання ґрунтів та підвищення їх родючості. Дослідження проводили методом просторового суцільного агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення в усіх районах області [1].

Деградація ґрунту — погіршення корисних властивостей і родючості ґрунту внаслідок впливу природних чи антропогенних факторів.

Господарська діяльність людини нині є домінуючим фактором, під впливом якого змінюються параметри ґрунтоутворення, що супроводжується зменшенням умісту гумусу (дегуміфікація), руйнуванням структури ґрунту та зниженням його родючості. Відсутність державного контролю за діяльністю сільськогосподарських та виробничих підприємств під час використання ними земельних ресурсів призводить до значної деградації ґрунтів, яка викликає важкі екологічні та економічні наслідки. Якщо ця тенденція зберігатиметься, то в недалекому майбутньому опинимося на порозі великої екологічної катастрофи, і тоді вже ніякі агротехнічні, меліоративні, природоохоронні та організаційно-господарські заходи не зможуть відновити агротехнічного потенціалу землі.

Загальна площа земель Івано-Франківської області становить 1392,7 тис. га, з них 45 % — це сільськогосподарські угіддя, з яких 64,3 % припадає на рілля.

За даними Головного управління Держгеокадастру в Івано-Франківській області спостерігається збільшення площ змитих та перезволожених ґрунтів. Тому 15,82 тис. га деградованих земель (1,14 % загальної площі області) та

8,02 тис. га малопродуктивних земель (0,58 % загальної площі області) потребують консервації [2].

Однією з причин поширення деградаційних процесів є надмірна розораність території, яка в західній лісостеповій частині області значно перевищує межу екологічної збалансованості (77 %).

Найбільш поширений вид деградаційних процесів — водна ерозія, яка призводить до втрати родючості ґрунтів, особливо на схилових землях. Недотримання протиерозійних заходів, вирощування на схилах просапних культур призводить до посилення ерозійних процесів, втрати ґрунтів і зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Крім ерозії ґрунту відбуваються й інші деградаційні процеси — виснаження ґрунту, втрата поживних речовин, дегуміфікація, що пов'язано із недотриманням науково-обґрунтованих сівозмін, зниженням внесення доз органічних добрив та хімічних меліорантів.

У процесі здійснення земельної реформи відчутні зміни фізико-хімічного стану ґрунтів області насамперед перерозподіл площ сільськогосподарських угідь за ступенем кислотності, тобто їх інтенсивне підкислення. Це наслідок застосування фізіологічно кислих добрив у незбалансованих за потребою нормах та відчуження кальцію з урожаєм сільськогосподарських культур.

За даними агрохімічного обстеження, проведеного у 2016—2020 рр., площа кислих ґрунтів у структурі сільськогосподарських угідь займає 104,1 тис. га, або 48,2 % від обстеженої площі, в тому числі дуже сильнокислих і сильнокислих — 28,8 тис. га, або 13,3 %, середньокислих — 27,7 тис. га, або 12,8 %, слабокислих — 47,6 тис. га, або 22 % (рис. 1).

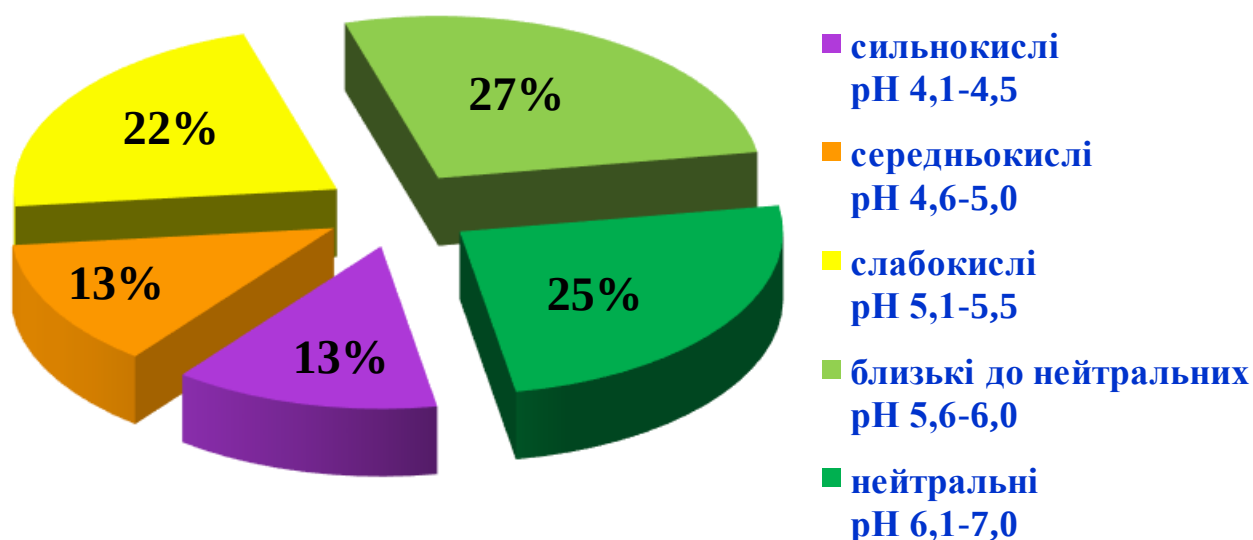


Рис. 1. Розподіл обстежених сільськогосподарських угідь за реакцією ґрунтового розчину, %

Найбільше кислих ґрунтів у Верховинському та Косівському районах (100 % і 96 %), Долинському — 90,4 %, Рожнятівському — 84 % [3].

Наявність таких площ ґрунтів з підвищеною кислотністю вимагає негайного відновлення робіт по вапнуванню, як одного з найефективніших і найтриваліших за дією засобів впливу на ґрунт і його родючість.

Нині через недостатнє фінансування програм з охорони та підвищення родючості ґрунтів і недосконалою системою за якістю землекористування зведено до мінімуму проведення робіт із докорінного поліпшення ґрунтів. Власники та землекористувачі часто порушують основи землеробства, не дотримуються науково обґрунтованих сівозмін та технологій обробітку ґрунту, проводять безконтрольне внесення отрутохімікатів тощо, що призводить до погіршення якісних показників ґрунту.

Цілком обґрунтовано можна стверджувати, що основною причиною від'ємного балансу гумусу є надзвичайно низькі обсяги внесення органічних добрив, які останніми роками в області значно скоротилися (рис. 2).

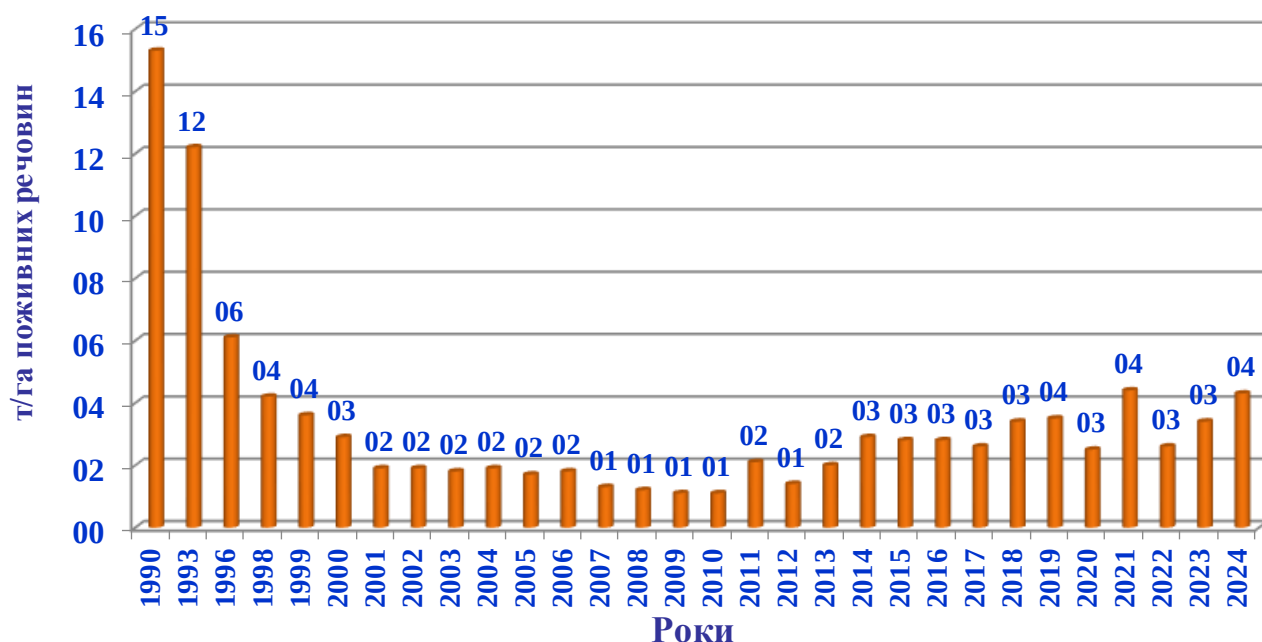


Рис. 2. Внесення органічних добрив в сільськогосподарських підприємствах Івано-Франківської області [4]

Для припинення деградації та погіршення родючості ґрунтів області особливу увагу слід приділити широкому впровадженню у виробництво науково обґрунтованих методів ведення господарства, збільшення внесення органічних і мінеральних добрив, посівів сидеральних культур та бобових трав для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу та поживних речовин у ґрунті.

З метою запобігання подальшого розвитку деградаційних процесів в області слід впровадити комплекс заходів: оптимізувати земельний фонд; вивести під

консервацію деградовані та малопродуктивні землі; на законодавчому рівні посилити відповідальність землекористувачів за стан ґрунтів та їх охорону; використовувати економічні стимули для збереження ґрунтів і підвищення їх родючості.

Збереження і відтворення родючості ґрунтів завжди повинні бути у полі зору як органів державної влади, так і органів місцевого самоврядування, власників землі та землекористувачів. Також особливу увагу слід звернути на неухильне дотримання рекомендацій науково-дослідних установ стосовно раціонального використання земель і збереження та відтворення родючості ґрунтів на основі даних моніторингу земель сільськогосподарського призначення.

Література

1. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення : керівний нормативний документ / За ред. Яцука І. П., Балюка С. А. Київ, 2019. 108 с.

2. Волощук М. Д., Клід В. В., Величко В. А., Налужний Р. І., Чорній М. С. Ґрунтовий покрив Івано-Франківщини: екологічні аспекти та генеза. Київ : Аграрна наука, 2025. 200 с.

3. Звіт Івано-Франківської філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» про виконання проєктно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2016—2020 роках (заключний). Івано-Франківськ, 2021. 238 с.

4. Використання добрив і пестицидів під урожай сільськогосподарських культур підприємствами Івано-Франківської області. *Статистичний бюлетень*. Івано-Франківськ, 2023. 30 с.

УДК: 631

ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ ҐРУНТОВОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ТЕМПЕРАТУРИ +30 °С

К. О. Семенцова, наук. співроб.

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського»

E-mail: ekaterinasemenc@gmail.com

В умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та поглиблення проблем деградації ґрунтів питання достовірного визначення агрохімічного складу набуває особливої актуальності. Одним із ключових аспектів забезпечення достовірності вимірювань є впровадження систем стандартизації аналітичних процедур, зокрема шляхом створення і застосування стандартних зразків ґрунту, атестованих на вміст мікроелементів-металів (цинк, мідь, марганець, кадмій, свинець, нікель тощо).

Світовий досвід свідчить, що країни з розвиненою агрохімічною інфраструктурою активно використовують сертифіковані референтні зразки для

контролю за якістю аналітичних методів у лабораторіях. Наприклад, у Європейському Союзі функціонують спеціалізовані інститути (IRMM, нині частина JRC), які випускають стандартні зразки ґрунтів, атестовані відповідно до вимог ISO.

В Україні створення подібної системи здійснюється в ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського», який розробив шість стандартних зразків ґрунтів, атестованих на 20 агрохімічних показників, зокрема мікроелементів-металів.

Однією з ключових умов ефективного використання таких зразків є забезпечення їх стабільності протягом зберігання та експлуатації. Стабільність означає збереження хімічного складу на незмінному рівні в часі, що критично для достовірності результатів.

Метою дослідження було оцінити стабільність стандартних зразків ґрунтового матеріалу, атестованих на вміст мікроелементів-металів, за температури $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Об'єктами дослідження були два стандартні зразки типового чорнозему: з додаванням мікроелементів і без них. Дослід тривав шість місяців із щомісячним аналізом за методом атомно-абсорбційної спектроскопії (ААС) відповідно до ДСТУ 4770.1, 2, 5, 6:2007.

Для оцінки стабільності застосовували параметричні (регресійний аналіз) і непараметричні методи (критерій Шапіро–Уїлка).

Результати засвідчили, що у зразку з додаванням мікроелементів відсутні статистично значущі зміни вмісту Co, Cu, Mn і Zn протягом шести місяців зберігання за $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($p > 0,05$). У зразку без добавок виявлено статистично достовірне зростання вмісту рухомих форм марганцю ($p = 0,01$), що свідчить про його нестабільність.

Отже, зразки з додаванням мікроелементів демонструють стабільність метрологічних характеристик навіть за підвищеної температури, що підтверджує їх придатність для тривалого використання у практиці аналітичного контролю.

Висновки

1. Стандартні зразки з додаванням мікроелементів зберігають стабільність складу протягом 6 місяців при $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Зразки без мікроелементів є стабільними за Co, Cu та Zn, проте нестабільні за Mn.

3. Використання стандартних зразків із мікроелементами є доцільним для виготовлення ґрунтових стандартів, придатних для тривалого зберігання.

УДК: 631.445.4:641.43:631.51:633

ГОРИЗОНТАЛЬНА ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО У РІЛЛІ

В. І. Собко¹, В. С. Вахняк², к.с.-г.н., доцент

¹*Західний міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»*

²*ЗВО «Подільський державний університет»*

E-mail: obl-rod@ukr.net, wastep@meta.ua

Формування профілю ґрунту складний природний процес. Диференціація горизонтів відбувається під впливом чинників ґрунтоутворення та зумовлених ними елементарних ґрунтоутворчих процесів. Унаслідок цього ґрунти набувають вертикальної і горизонтальної неоднорідності. У ґрунтах ріллі створюється гомогенний оброблюваний шар з малою мінливістю властивостей ґрунту. Для диференціювання агротехнічних і меліоративних заходів у межах поля потрібно аналізувати велику кількість інформації про фізичні і агрохімічні властивості ґрунтів з виділенням неоднорідних просторових структур.

Метою досліджень було встановити строкатість властивостей чорнозему типового у ріллі з традиційною системою землеробства. Досліджували ґрунт дослідного поля НВЦ «Поділля» ЗВО «Подільський державний університет». Виділено 30 ділянок по 0,4 га, на яких відбирали зразки ґрунту і визначали агрохімічні і фізичні властивості за загальноприйнятими методиками. Глибина відбору зразків: 0—5; 15—20; 40—45 см. Твердість і щільність визначали через кожні 10 см. Також визначали покриття ґрунту рослинами і урожайність культур.

У межах поля чорнозем типовий пилувато-важкосуглинковий малогумусний на лесі. За природними чинниками поле відносно однорідне. Залягання ґрунтових вод на глибині 6—8 м, піднімається в окремих місцях до 3 м. Рельєф вирівняний, лише по центру слабо виражено пониження та на прилеглих схилах крутизною 2—3 градуси знаходяться слабозмиті відміни.

За фізичними властивостями варіабельність у всіх шарах ґрунту висока — від 27 до 34 %. Розкид щільності ґрунту у варіаційному ряду становить 0,99—1,36 г/см² у шарі 0—7 см, 1,0—1,41 — у шарі 20—27 см та 1,2—1,38 г/см² у шарі 40—45 см за варіабельності по горизонтах 31, 34 та 30 % відповідно. Твердість ґрунту коливається в межах 205—285 PSI, 294—330 PSI та 308—355 PSI за коефіцієнтів варіабельності 32, 30 і 27 % у шарах ґрунту 0—7, 20—27 та 30—40 сантиметрів.

Просторова неоднорідність за агрохімічними властивостями менше виражена. По елементах живлення найбільш неоднорідний ґрунт за вмістом азоту: коефіцієнт варіації становить 46 % у верхньому шарі, знижуючись до 24 і 14 % з

глибиною через звуження розкиду показників. По фосфору і калію варіабельність середня у верхньому шарі, слабка у нижніх. Також подібні показники за вмістом гумусу та гідролітичної кислотності.

Причини просторової варіабельності ґрунту лежать у площині господарської діяльності. Строкатість ґрунту за щільністю і твердістю пов'язана з обробітками ґрунту: якість проведення робіт низька через зношеність сільськогосподарської техніки та низьку кваліфікацію механізаторів. Від цього ж залежить і розподіл мінеральних добрив по поверхні, розподіл рослинних решток після збирання культур, стан і проєктивне вкриття рослинами поверхні поля тощо. Перехід на обробітки ґрунту сучасною високоякісною технікою уже в перший рік суттєво зменшував варіабельність поля за фізичними властивостями.

Високий коефіцієнт варіації виявлено по біологічній продуктивності поля (33 %) та урожайності соняшнику (28 %) і гречки (38 %). Найбільше на просторову неоднорідність урожайності впливала щільність ґрунту ($r = 0,77$), вміст азоту ($r = 0,73$), твердість ($r = 0,64$), структурність ($r = 0,6$) та вміст гумусу ($r = 0,59$).

Отже, просторова неоднорідність чорнозему типового є насамперед результатом господарської діяльності з нехтуванням вимог до якості проведення технологічних операцій обробітку ґрунту і внесення добрив, розподілу рослинних решток, формування густоти посівів. Для застосування принципів точного землеробства необхідно мати інформацію по окремих ділянках поля.

УДК: 33.17:631.5(477.51)

РОЛЬ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО У ПІДВИЩЕННІ СТІЙКОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМ ПОЛІССЯ

С. Г. Столяр, к. с.-г. н., доцент

Поліський національний університет, Україна

E-mail: svetlana-stolyar@ukr.net

Сучасні виклики аграрного виробництва, зумовлені глобальними змінами клімату та деградацією ґрунтових ресурсів, актуалізують пошук перспективних культур, здатних забезпечити стабільність агроєкосистем. У зоні Полісся України, де ґрунти характеризуються низьким умістом гумусу, підвищеною кислотністю та нестійким водним режимом, важливим є впровадження культур з високою екологічною пластичністю [1, 2].

Сорго звичайне двокольорове (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) належить до посухостійких культур, яке відзначається ефективним використанням вологи, стійкістю до стресових факторів, та є невибагливим до родючості ґрунтів. Завдяки розвиненій кореневій системі та великій кількості післяжнивних решток сорго

сприяє поліпшенню агрофізичних властивостей ґрунтів, збереженню їх родючості й оптимізації сівозмін [3-5].

Отже, дослідження ролі сорго зернового у формуванні стійких агроєкосистем Полісся має важливе значення для забезпечення екологічної рівноваги та підвищення продуктивності аграрного виробництва в умовах регіону.

Для вдосконалення підходів підвищення стійкості агроєкосистем Полісся, в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету у 2018 році розпочато, а у 2019—2025 рр. продовжено на базі сільськогосподарських підприємств Житомирської області: ПП «Чайківка», ФГ «Агропрофіт», ТОВ «Бел-Агро 3», СТОВ «Урожай»—впровадження вирощування сорго звичайного двокольорового як адаптивної культури. Різноманітність погодних факторів, типів ґрунтів, рівня антропогенного навантаження та поширення шкідливих організмів формує широкий спектр механізмів росту та розвитку сорго. Це дає змогу визначити його потенціал як культури, здатної забезпечувати стабільність агроєкосистем, сприяти збереженню родючості ґрунтів та адаптації землеробства Полісся до кліматичних змін (рис. 1).

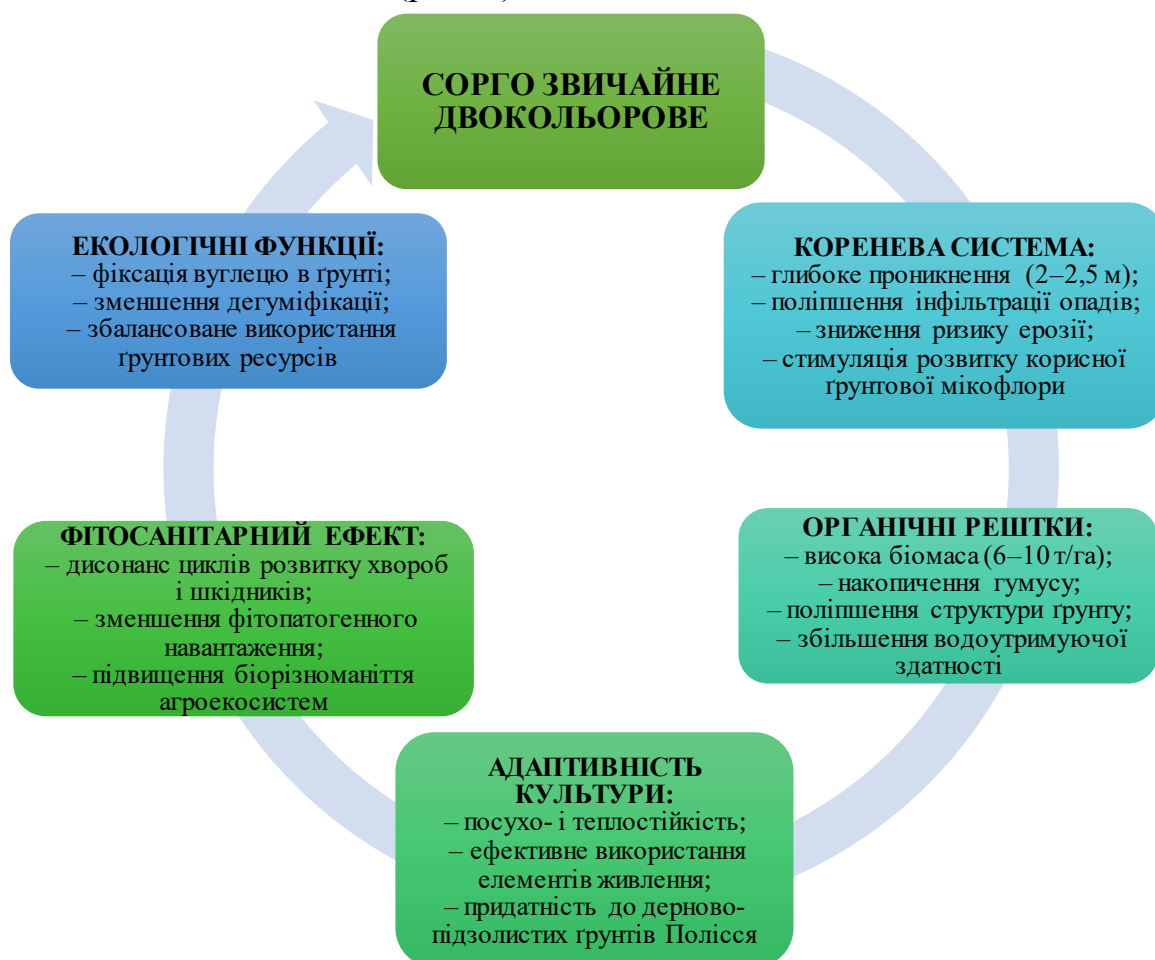


Рис. 1. Механізми впливу сорго звичайного двокольорового на стійкість агроєкосистем Полісся

Сорго звичайне двокольорове відіграє комплексну роль у збереженні та підвищенні родючості ґрунтів Полісся завдяки поєднанню морфологічних, фізіолого-біохімічних та екологічних властивостей.

Представлена схема ілюструє багатофакторний вплив сорго звичайного двокольорового на агроєкосистеми: від поліпшення ґрунтових властивостей та збереження родючості до підвищення їх екологічної стійкості.

Отже, сорго звичайне двокольорове є перспективною культурою для зони Полісся, оскільки поєднує високу адаптивність, здатність збагачувати ґрунти органічною речовиною та позитивно впливати на фітосанітарний стан агроценозів. Його вирощування сприяє підвищенню родючості ґрунтів і стійкості агроєкосистем, що робить цю культуру важливим елементом екологізації землеробства регіону.

Література

1. Vanamala, J.K.P. et al. (2018). Grain and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) serves as a novel source of bioactive compounds for human health / *Crit Rev Food Sci Nutr.* Vol. 58(17). P. 2867—2881. doi: [10.1080/10408398.2017.1344186](https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1344186)
2. Макаров, Л.Х. (2006). Соргові культури: монографія. Херсон: Айлант, 264 с.
3. Столяр С. Г., & Трембіцька О.І. (2025). Обґрунтування розширення асортименту вирощування нішевих культур у Поліссі України для здорового харчування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка.* № 1 (46). С. 108—113. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.15>
4. Stoliar S., & Trembitska O. (2025). Phytotherapeutic potential of *Sorghum bicolor* L. *Phytotherapy. Journal.* Vol. 2. P. 151—160. URL : <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2025-2-151>
5. Культура стратегічного значення. *Сучасні аграрні технології.* 2012. № 8—9. С. 14—26.

УДК 631.459 (477.87)

ФОРМУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНО-ЗБАЛАНСОВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ ПЕРЕДГІРСЬКОЇ ЗОНИ ЗАКАРПАТТЯ

А. В. Фандалюк¹, к. с.-г. н., старш. наук. співроб., В. С. Полічко²

¹Інститут аграрних ресурсів та регіонального розвитку НААН

²Закарпатський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: allafandal@ukr.net

Передгірська зона Закарпаття належить до регіонів із надзвичайно складними природно-кліматичними умовами. Для цієї території характерні пересічений рельєф, значні ухили поверхні, строкатість ґрунтового покриву та підвищена небезпека водної ерозії. Інтенсивне використання земель без урахування особливостей ландшафту призводить до деградації ґрунтів, зниження

біорізноманіття та продуктивності агроєкосистем. Тому важливим завданням сучасного землеробства є формування екологічно збалансованих агроландшафтів, які поєднують високу продуктивність із природоохоронною функцією.

Для передгірських районів Закарпаття доцільно застосовувати ландшафтно-екологічний підхід, який передбачає адаптацію технологій землеробства до місцевих природних умов. Основним принципом є збереження ґрунтового покриву від ерозійних процесів через оптимізацію структури угідь, правильний вибір культур і технологій обробітку ґрунту. Технологічні основи ґрунтозахисних систем землеробства включають:

- *контурно-меліоративну організацію території*, що передбачає розміщення полів, сівозмін і захисних смуг уздовж горизонталей, знижує швидкість поверхневого стоку та запобігає змиванню родючого шару ґрунту. На схилах понад 7° ефективним є терасування або застосування контурних смугових сівозмін;

- *використання багаторічних трав і сидеральних культур*. У структурі посівів слід підвищити частку багаторічних трав (конюшина, люцерна, костриця), які зміцнюють ґрунт і збагачують його органічною речовиною. Сидерати (гірчиця, фацелія, олійна редька) сприяють біологізації землеробства;

- *безпліцевий і мінімальний обробіток ґрунту*. Зменшення інтенсивності обробітку (strip-till, по-till, чизелювання) зберігає структуру ґрунту, вологу й активність мікрофлори. Це особливо актуально для передгірських районів, де ґрунти схильні до ущільнення;

- *використання мульчування та рослинних решток*. Мульчування поверхні післяжнивними рештками зменшує випаровування вологи, перешкоджає ерозії та підвищує вміст гумусу;

- *полезахисні лісосмуги та буферні зони*. Лісосмуги та прибережні смуги вздовж потоків стабілізують гідрологічний режим, затримують поверхневий стік і сприяють збереженню біорізноманіття;

- *раціональні сівозміни*. Рекомендується впровадження ґрунтозахисних сівозмін типу: зернові → багаторічні трави → просапні → сидерати → озимі культури. Така схема дозволяє підтримувати баланс органічної речовини й азоту.

У Закарпатській області розроблено «Стратегію розвитку Закарпаття до 2027 року», в якій передбачено заходи для збереження гірських територій, зниження антропогенного впливу та екологічної збалансованості, а саме: терасування схилів, відновлення лісів, підтримку сталого землекористування. Ці кроки спрямовані на довгострокове збереження ґрунтів і запобігання деградації ландшафтів. Такі заходи інтегруються в ширший контекст розвитку сільських територій, збереження біорізноманіття та адаптації до змін клімату.

Інтеграція сучасних технологій та традиційних агротехнічних методів дає змогу не лише прогнозувати ерозійні події, а й впроваджувати своєчасні заходи для їх запобігання. Системи на основі аналізування значних даних, штучного інтелекту та геопросторового аналізу постійно вдосконалюються. Це відкриває можливості для ще точнішого прогнозування і адаптації методів боротьби з ерозією, що особливо важливо для Закарпаття з високим ризиком деградації ґрунту.

Формування високопродуктивних екологічно збалансованих агроландшафтів у ґрунтозахисних системах землеробства передгірської зони Закарпаття базується на поєднанні природоохоронних і технологічних заходів. Комплексне впровадження таких технологій забезпечує сталий розвиток агросфери регіону, підвищення продуктивності й довгострокове збереження родючості ґрунтів.

УДК 631.452

МОНІТОРИНГ АГРОХІМІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

І. В. Циганов, О. В. Катруша

Запорізький регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: zpgrunt@ukr.net

Фахівцями Запорізької філії ДУ «Держґрунтохорона» протягом XII туру агрохімічного обстеження ґрунтів Запорізької області відібрано 1200 змішаних ґрунтових зразків на площі 24,0 тис. га, виконано 5325 аналізів для визначення показників родючості, забруднення важкими металами, радіонуклідами і залишковими кількостями пестицидів.

Визначення лужногідролізованого азоту в ґрунтах області здійснювали за методом Корнфілда. Рухомі сполуки фосфору і калію визначали за методом Чирикова.

Результати обстеження свідчать, що середньозважений вміст гумусу в ґрунтах Запорізької області становить 3,56 %, причому 64,2 % обстежених площ характеризуються підвищеним умістом гумусу.

Середньозважений вміст азоту становить 94,9 мг/кг ґрунту, що на 5,1 мг більше попереднього XI туру — 89,8 мг/кг. Середньозважений вміст рухомих сполук фосфору в досліджених ґрунтах становить 117,4 мг/кг ґрунту. Порівнюючи з попереднім XI туром обстеження (120,9 мг/кг), показник зменшився на 3,5 мг. За результатами досліджень середньозважений вміст рухомих сполук калію становить 156,2 мг/кг ґрунту, що на 2,9 мг більше значень XI туру — 153,3 мг/кг.

Середньозважений показник рН водної витяжки обстежених у 2023 році ґрунтів становить 7,4. Порівнюючи з попереднім туром обстеження цих земель, середньозважений показник реакції ґрунтового розчину зменшився на 0,1 од. рН.

Ґрунти Запорізької області характеризуються середньозваженим показником вмісту рухомих сполук сірки на рівні 9,4 мг/кг, що на 0,02 мг/кг більше за результати попереднього туру обстеження — 9,38 мг/кг. По районах його величина коливається в межах від 7,0 до 10,6 мг/кг ґрунту. Частка ґрунтів з низьким забезпеченням сіркою становить 7 %, середнім — 43 %, підвищеним — 42 %, високим — 8 %.

Середньозважений вміст у ґрунтах рухомих сполук мікроелементів: бору — 0,78 мг/кг, марганцю — 24,54 мг/кг, міді — 0,37 мг/кг, цинку — 0,55 мг/кг, кобальту — 1,05 мг/кг.

Баланс гумусу в землеробстві Запорізької області становить мінус 560 кг/га, баланс поживних речовин також від’ємний — мінус 144,15 кг/га.

Відмічається дисбаланс співвідношення елементів живлення, внесених з добривами у ґрунт (N:P:K = 1,0:0,2:0,07), і винесених поживних речовин з урожаєм (N:P:K = 1,0:0,38:1,09).

Результати дослідження свідчать, що збереження і відтворення родючості ґрунтів можливе завдяки запровадженню комплексу заходів, зокрема:

- забезпечення виконання чинних законодавчих актів, скерованих на реалізацію Законів України «Про охорону земель», «Про державний контроль за використанням та охороною земель», «Про землеустрій», Земельний кодекс України;
- використання найвигідніших ресурсів органічної речовини: соломи, інших рослинних решток, сидератів, дотримання технології виробництва гною;
- оптимізації збалансованого локального внесення мінеральних добрив,
- підвищення частки біологічного азоту в живленні рослин,
- зменшення механічного навантаження на ґрунт сільськогосподарської техніки;
- застосування ґрунтозахисного обробітку ґрунту, підвищення протиерозійної стійкості ґрунту, накопичення і ощадне ставлення до ґрунтової вологи.

THE CRITICAL ROLE OF WATER IN CROP PRODUCTION AND TRADITIONAL ASSESSMENT METHODS

Rafał Wawer, Professor

Institute of Soil Science and Plant Cultivation - State Research Institute, Poland

E-mail: uwer@iung.pulawy.pl

Water is a vital resource necessary for all living organisms on Earth. For the plant kingdom (*Regnum Vegetabile*), water availability dictates all life processes, including nutrient uptake from the soil, biomass accumulation, and, for cultivated plants, yield and quality. Water stress severely impacts plant health, decreasing resistance to pathogens and potentially leading to plant death in extreme cases. Optimizing soil moisture during the growing season essentially boils down to two fundamental decisions: when to irrigate and how much water to apply.

Historically, the most common method employed by farmers for determining irrigation needs remains the organoleptic method, which relies heavily on human senses and experience. This method is based on observing either the state of soil moisture or the condition of the plant. A farmer roughly estimates the timing of irrigation based on assessing the soil through touch and personal experience. The decision regarding the amount of water usually assumes saturating the soil to its full water capacity, manifested by the appearance of water pooling on the soil surface.

However, the organoleptic method is highly imperfect. Firstly, decisions are subjective, based on experience rather than absolute moisture measurements, meaning the optimal water content for a specific plant is never truly known. Secondly, rainfall following a dry spell often moistens only the top layer of the humus horizon, suggesting sufficient water availability when, in reality, the soil profile just 5 cm deeper might be completely dry. Irrigating until soil saturation is both economically inefficient and detrimental to the environment. Water applied beyond the soil's field capacity (where all capillaries and pores are saturated) typically drains away within 24 hours. The farmer thus loses this excess volume of water, along with easily dissolved fertilizers such as Potassium (K) and Nitrogen (N), which leach into and contaminate groundwater.

Another method used to determine irrigation needs is calculating daily evaporation, known as evapotranspiration (ET). This approach relies on complex equations that integrate meteorological measurements with factors specific to the soil type, plant species, and its growth stage. This method facilitates a relatively easy estimation of daily water loss due to evaporation, which can then be replenished via irrigation.

Historically, irrigation needs were also estimated using the Climatic Water Balance (the difference between cumulative precipitation and cumulative evapotranspiration), implemented in models like FAO56. The disadvantage of these calculation methods is the simplification of water loss assessment through deep drainage (percolation). This introduces the risk of soil drying out. The FAO56 model also suffers from imperfect representation of percolation deep into the soil profile and the neglect of subsurface lateral runoff. Crucially, ET models never confirm the actual state of soil moisture or whether the current humidity level is optimal for the specific plant.

The Shift to Precision Agriculture and Direct Measurement.

The final group of methods involves direct measurement of soil moisture in the plant root zone. This measurement provides an unambiguous assessment of current soil moisture and the corresponding water deficit. It allows the precise maintenance of moisture strictly within the optimal range for a specific crop species and variety. Advances in miniaturization and electronics now enable precise, real-time measurement of soil moisture. This progress permits accurate measurement of actual plant water stress and the adjustment of the optimal irrigation dose for the given plant species and soil.

Direct measurement facilitates irrigation automation to a set target moisture level. The necessary water dose can be precisely calculated, or the system can be configured to switch off when the soil moisture reaches the set target value. In modern irrigation support systems, sensors are permanently installed in the root system, measurements are taken hourly, and values are accessed via smartphones, which immediately calculate the optimal dose for the specific field.

However, it is important to note that tools providing only information about soil moisture percentage are practically useless unless the soil type is known, as each soil type has a different water holding capacity characteristic. For example, 12% moisture might signify optimal water saturation for a light loamy sand, but the same value would cause permanent plant wilting in clay soil.

Case Study: The ENORASIS Decision Support System.

Precision irrigation utilizing Agriculture 4.0 technologies is exemplified by the ENORASIS system. Developed between 2012 and 2014 by a team of scientists (including IUNG-PIB) and IT companies, ENORASIS is an innovative decision support system for agricultural irrigation. The project was funded by the European Commission under the 7th Framework Program (Eco-innovation).

The ICT system determines crop irrigation needs based on mathematical models incorporating current meteorological conditions, satellite imagery, short-term weather forecasts, and, critically, direct soil moisture measurements taken under the crop. The

system transmits information regarding the required timing and water dose to the farmer via SMS, through the ENORASIS website, and a mobile application.

A key innovation of ENORASIS was the use of wireless soil moisture sensor networks that send measurement results directly to the platform via cellular network. While the farmer can decide when and how much to irrigate, the system also offers the option of automatic control using electrovalves integrated with the sensor network.

The system was tested at five pilot sites in Poland (2), Serbia, Turkey, and Cyprus. These test sites were equipped with the wireless soil moisture sensor network, an automatic meteorological station, and specialized numerical weather forecast services. System control was managed via a web browser application and an Android mobile app.

The pilot results demonstrated significant effectiveness:

- In Grabów in 2014, irrigation guided by the ENORASIS system led to a yield increase of 61% for corn and 67% for potatoes compared to non-irrigated plots. This was achieved with low operational costs and significant water savings, reaching 42%. The irrigation substantially increased the profitability of the tested crops.

- On a raspberry plantation located on shallow sandy soils with rapid drainage, the use of direct soil moisture measurement resulted in a 10-fold reduction in water consumption (!) with no negative impact on yield. The owner reported slightly better qualitative parameters for the fruit and healthier plants.

Despite the strong positive results—especially the significant savings in water consumption and increases in yield and quality—farmers and agricultural advisors expressed enthusiasm about the system's capabilities but ultimately found the price of the ENORASIS sensor network, valves, and the weather forecast subscription to be decisively too high.

Future Directions in Water Management Policy.

Effective resource management requires continuous access to information regarding the quantity and quality of that resource. Research shows that only a very small percentage of irrigating farmers use any decision support systems to determine irrigation timing and doses, and even fewer monitor their consumption and the size of available water resources.

Decision support systems must be expanded to include functionality for managing all available water resources on the farm, incorporating continuous resource monitoring, consumption forecasting, and farm-level balancing. Such systems should also enable automatic data collection on abstraction and reporting to the public administration responsible for water resources management. Only through these measures will rational and long-term safe water management be possible in rural areas.

PEDOTRANSFER FUNCTIONS FOR AGROCHEMICAL DATA SYNTHESIS: A PILOT STUDY FOR UKRAINIAN FOREST-STEPPE SOILS

Y. Dmytruk¹, D.Bi.Sci., Professor; V. Cherlinka², D.Bi.Sci.

¹SEI «Podillia State University»; State Institution «Institute for Soil
Protection of Ukraine»

²EOS Data Analytics, Soil Scientist, Ukraine/USA

E-mail: dmytruk.yur@gmail.com

Background and Objectives. Agrochemical certification in Ukraine covers over 19 million hectares, generating vast datasets on soil pH, available nutrients, and humus content. However, critical parameters for soil health assessment — such as soil organic carbon (SOC) stocks, bulk density (BD), and inert organic matter (IOM) — are rarely included due to high analytical costs. Pedotransfer functions (PTFs) offer a solution by predicting unmeasured properties from readily available data [1].

Despite extensive global PTF libraries (e.g., HYPRES, ROSETTA), Ukrainian soils remain underrepresented, and existing models often fail when applied to local conditions due to differences in soil-forming factors, management history, and analytical protocols [2—4]. This study aims to justify the development strategy algorithm region-specific PTFs for estimating SOC and BD from routine agrochemical parameters in forest-steppe soils (Chernozems, Phaeozems, Luvisols).

Methodology. Data sources: Agrochemical survey data (2000—2020) from regions where agrochemical certification was carried out. To this end, analytical determinations for SOC (dry combustion), BD (core method), and IOM (representing the most stable pool of soil organic matter.) must be carried out on a sample of archived soil samples. The optimal number of analyses depends on the laboratory's capabilities, but should be at least 40—50 for each region.

PTF development: We are thinking about three options for creating PTFs: multiple regression, random forest, and gradient boosting algorithms: from the most accessible multiple regression to the most complex gradient boosting algorithms. The latter provides the creation of highly accurate and reliable models that effectively cope with the complexity of soil data, making them one of the leading approaches in modern digital soil science. The minimum indicator set include humus content, lightly hydrolysable N, pH, exchangeable Ca+Mg, available P and K, clay content, and land-use type.

Validation strategy: an 80/20 train–test split combined with spatial cross-validation (using regional blocking) we recommend applied to minimize spatial autocorrelation and evaluate the transferability of pedotransfer functions across different soil regions.

Expected Outcomes

1. PTFs enabling SOC estimation with $R^2 > 0.75$ and $RMSE < 3 \text{ g kg}^{-1}$
2. Simple regression models for BD (target $R^2 > 0.65$)

3. Web-based calculator for agrochemical laboratories to convert humus data into SOC stocks

4. Recommendations for integrating PTFs into national soil monitoring programs
Practical Implications

Implementing PTFs in agrochemical certification could reduce carbon inventory costs by 60—70 % while increasing spatial coverage. This approach is particularly relevant for post-war reconstruction planning, where rapid soil health assessment is critical for prioritizing restoration efforts.

References

1. McBratney, A. B., Minasny, B., & Tranter, G. (2011). Necessary meta-data for pedotransfer functions. *Geoderma*, 160(3—4), 627—629. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.09.023>

2. Minasny, B., & McBratney, A. B. (2016). Digital soil mapping: A brief history and some lessons // *Geoderma*. Volume 264, Part B, pp. 301—311. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>

3. Hengl, T., et al. (2018). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning // *PLOS One* 12(2):e0169748. DOI: 10.1371/journal.pone.0169748

4. Vasconcelos O.M. et al. (2019). Pedotransfer functions for saturated hydraulic conductivity using a database with temperate and tropical climate soils // *Journal of Hydrology*. Volume 575, pp. 1345—1358. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.050>

УДК 631.4

ПЕДОТРАНСФЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ: ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ Й ОЦІНЮВАННЯ ЗДОРОВ'Я ҐРУНТІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

О. М. Бігун, к.с.-г.н.

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

E-mail: oksana_bigun@ukr.net

Педотрансферні функції (ПТФ) посідають важливе місце у сучасних наукових дослідженнях, забезпечуючи можливість оцінювати властивості ґрунтів навіть за умов обмеженої кількості емпіричних даних. За останні десятиліття ПТФ набули широкого поширення в різних напрямках ґрунтознавства, гідрології, аграрної науки та екологічного моделювання.

ПТФ відіграють важливу роль у європейських програмах моніторингу ґрунтів для оцінювання показників, які рідко вимірюються. За оцінкою Van Leeuwen J. P. *et al.* (2017), більшість програм моніторингу зосереджені переважно на хімічних властивостях, тоді як фізичні та біологічні параметри вивчаються недостатньо [10]. Тому ПТФ, наприклад щільності будови, набули широкого застосування в європейській практиці як для офіційної звітності щодо викидів парникових газів,

так і для обліку запасів органічного вуглецю у сільськогосподарських ґрунтах [4, 6, 8].

Також ПТФ дедалі частіше використовуються для оцінювання здоров'я та якості ґрунтів. Зокрема, у США розроблено моделі, що дають змогу прогнозувати показники, які є складними або затратними для прямого вимірювання, на основі доступних параметрів стандартних ґрунтових аналізів. Такий підхід дозволяє суттєво знизити витрати на комплексну оцінку здоров'я ґрунтів для фермерів, заінтересованих у відстеженні їхнього функціонування в умовах впровадження підходів сталого управління [2, 3]. У Нідерландах ПТФ інтегровано до національної системи оцінювання якості сільськогосподарських ґрунтів BLN 2.0 [5], яка використовує набір індикаторів для визначення їх потенціалу у наданні екосистемних послуг. Частина цих індикаторів розраховується за допомогою ПТФ.

На загальноєвропейському рівні, педотрансферний метод отримання параметрів водоутримання офіційно визнано альтернативою прямим вимірюванням [9], що підкреслює цінність ПТФ як ефективного інструмента для вирішення проблем неповноти даних у системах моніторингу для оцінювання здоров'я і функціонування ґрунтів.

Локальні ПТФ України, зокрема для визначення водно-фізичних та фізичних властивостей, розроблено близько десяти років тому та мають певні обмеження щодо застосування, пов'язані з їхньою специфічністю до певних генетичних типів ґрунтів [7], а також варіантів землекористування [1]. Подальший розвиток цього напрямку потребує: систематичного поповнення національних ґрунтових баз даних; створення відкритих тематичних наборів даних; розроблення моделей для різних глибин і типів ґрунтів; тестування різноманітних методів моделювання для вибору оптимальних математичних алгоритмів для конкретних ґрунтових умов; обов'язкової валідації моделей на незалежних наборах даних.

Література

1. Медведєв, В.В., Пліско, І.В., & Бігун, О.М. (2015). Досвід педотрансферного моделювання у дослідженнях фізики ґрунтів. *Вісник аграрної науки*, 93(1), С. 17—24.
2. Amsili, J. P., van Es, H. M., & Schindelbeck, R. R. (2024). Pedotransfer functions for field capacity, permanent wilting point, and available water capacity based on random forest models for routine soil health analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 55(13), 1967—1984.
3. Bagnall, D. K., Rieke, E. L., Morgan, C. L., Liptzin, D. L., Cappellazzi, S. B., & Honeycutt, C. W. (2023). A minimum suite of soil health indicators for North American agriculture. *Soil Security*, 10, 100084.
4. Bentley, L., Thomas, A., Garbutt, A., Williams, B., Reinsch, S., Lebron, I., ... & Robinson, D. A. (2025). First signs that national cropland organic carbon loss is reversing in British topsoils. *European Journal of Soil Science*, 76(3), e70131.

5. Fujita, Y., de Haan, J., & Ros, G. H. (2023). *Evaluation of pedotransfer functions for soil indicators of BLN*, Nutrient Management Institute BV, Wageningen, Rapport 1819.N.23, 23 p.
6. Henryson, K., Meurer, K. H., Bolinder, M. A., Kätterer, T., & Tidåker, P. (2022). Higher carbon sequestration on Swedish dairy farms compared with other farm types as revealed by national soil inventories. *Carbon Management*, 13(1), 266-278.
7. Laktionova, T., & Nakisko, S. (2014). Particle size distribution as a basic characteristic for pedotransfer prediction of permanent wilting point. *Agricultural Science and Practice*, 1(1), 13—19.
8. Meurer, K. H., Hendriks, C. M., Faber, J. H., Kuikman, P. J., van Egmond, F., Garland, G., ... & Bispo, A. (2024). How does national SOC monitoring on agricultural soils align with the EU strategies? An example using five case studies. *European Journal of Soil Science*, 75(2), e13477.
9. Proposal for a Directive on Soil Monitoring and Resilience. (2023) [Online]. Available: https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-directive-soil-monitoring-and-resilience_en.
10. Van Leeuwen, J. P., Saby, N. P., Jones, A., Louwagie, G., Micheli, E., Rutgers, M., ... & Creamer, R. E. (2017). Gap assessment in current soil monitoring networks across Europe for measuring soil functions. *Environmental Research Letters*, 12(12), 124007.

УДК 502:504:528.8

ІНТЕГРОВАНА МЕТОДИКА АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ

Д. П. Васільєв, аспірант, Т. В. Ільєнко, к.с.-г.н.

Інститут агроекології і природокористування НААН, Київ

E-mail: freimaster.af@gmail.com

Сучасні виклики у сфері екологічного моніторингу та аграрних досліджень вимагають використання комплексних підходів до аналізу природних і антропогенних процесів. Традиційні методи, що спираються лише на польові спостереження, мають обмежену просторову і часову репрезентативність. Це створює труднощі під час виявлення змін у стані агроландшафтів, оцінюванні ступеня деградації ґрунтів і визначенні ефективності землекористування. Проблема полягає в необхідності інтеграції різних джерел даних — супутникових, метеорологічних, ґрунтових і лабораторних — у єдину методологічну систему аналізу.

Відсутність уніфікованої системи, що дозволяє поєднати дистанційні, польові та аналітичні дані, призводить до фрагментарності оцінок і знижує точність картографічних моделей. Необхідність полягає у створенні такої структури, яка дозволить автоматизувати процес збору, обробки, аналізу й перевірки даних, забезпечивши достовірність результатів і можливість їх

подальшого використання для прийняття управлінських рішень у сфері охорони земель і агроєкології.

Запропонований підхід базується на багаторівневій системі збору та аналізу інформації. Першим етапом є формування масиву вхідних даних: супутникових знімків, метеорологічних показників, картографічних матеріалів і ґрунтових баз даних. Ці дані проходять етап обробки, що включає розрахунок індексів рослинності, вологості та урбанізованості. Після класифікації об'єктів ландшафту виконується отримання статистичних характеристик і побудова аналітичних моделей.

На наступному рівні відбувається інтеграція результатів із наземними дослідженнями — польовими вимірюваннями та лабораторними аналізами зразків ґрунту. Отже, здійснюється верифікація результатів дистанційних оцінок та підвищується їхня надійність. Отримані дані узагальнюються у вигляді тематичних карт, графіків, таблиць і статистичних звітів, які формують основу агроєкологічного моніторингу.

Застосування інтегрованої методики відкриває широкі можливості для регіональних і локальних екологічних досліджень. Вона забезпечує оперативне оновлення даних про стан земель, дозволяє виявляти деградаційні процеси, прогнозувати зміни у структурі посівів, визначати ефективність зрошення та відслідковувати вплив кліматичних чинників на продуктивність агроландшафтів. У перспективі методика може стати базою для створення автоматизованих систем моніторингу, сумісних із геоінформаційними порталами та національними кадастровими базами.

Незважаючи на високу ефективність, методика має певні недоліки, які вимагають усунення. До основних слід віднести:

- залежність точності результатів від якості супутникових даних;
- різну просторову роздільну здатність вхідних даних;
- потребу в значних обчислювальних ресурсах;
- необхідність високої кваліфікації.

Подолання цих обмежень можливе шляхом удосконалення алгоритмів попередньої обробки, використання машинного навчання та впровадження єдиних стандартів даних.

Отже, інтегрований підхід до дослідження ландшафтно-агроєкологічних систем забезпечує поєднання дистанційного зондування, польових спостережень і лабораторного аналізу у єдину логічну структуру. Це уможливорює досягнення високої точності оцінки стану земельних ресурсів, оптимізації процесу моніторингу та забезпечує наукове підґрунтя для прийняття управлінських рішень. Такий підхід створює потенціал для побудови сучасних систем

екологічного контролю, що відповідають міжнародним вимогам і сприяють реалізації принципів сталого землекористування.

УДК 631:173:633

ГЕОПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І РАДІОНУКЛІДІВ У ҐРУНТАХ ЗОН БОЙОВИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

О.В. Дмитренко, к.с.-г.н., Л.П. Погоріла, Л.П. Молдован

ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: ecolab23071964@ukr.net

Воєнні дії на території України спричинили масштабні зміни у структурі та якості ґрунтового покриву, зокрема через інтенсивне надходження важких металів і радіонуклідів. Вибухи боєприпасів, згоріла військова техніка, руйнування інфраструктури, потрапляння паливно-мастильних матеріалів та техногенного пилу формують складні джерела забруднення, що призводить до насичення ґрунту токсичними елементами. Особливу загрозу становлять сполуки свинцю, кадмію, міді, цинку, нікелю, а також ізотопи цезію та стронцію, які здатні зберігатися у довкіллі впродовж десятиліть, мігрувати у ґрунтово-рослинних системах і накопичуватися в трофічних ланцюгах. Забруднення ґрунтів важкими металами має тривалий ефект, оскільки ці елементи є полівалентними, активно сорбуються ґрунтовими компонентами та утворюють малорозчинні сполуки з фосфатами і гідроокисами, що сприяє їх поступовому накопиченню в ґрунтовому середовищі [1, 2].

Накопичення важких металів у ґрунтах суттєво впливає на їхню родючість та мікробіологічну активність [3, 4]. Забруднення цими елементами є одним із ключових чинників, що впливає на якість отриманої сільськогосподарської продукції. Завдяки високій біологічній мобільності важкі метали здатні переміщуватися по харчових ланцюгах, що створює потенційну загрозу для здоров'я людини через токсичні, канцерогенні та мутагенні властивості. Тому систематичний моніторинг стану ґрунтів за вмістом важких металів набуває особливої важливості, зокрема на територіях, що зазнали бойових дій [5].

Проблема ускладнилася тим, що території, які зазнали бойових дій, часто поєднують різні типи забруднення: локальні викиди вибухових речовин, дифузне осідання техногенного пилу та вторинну міграцію токсичних компонентів разом із переміщеннями ґрунтових мас. У результаті формується мозаїчна структура екотоксичного навантаження, що визначає нерівномірний розподіл концентрацій шкідливих елементів навіть у межах невеликих ділянок. Таке забруднення має кумулятивний і довготривалий характер, створюючи суттєві ризики для

продуктивності агроландшафтів, якості харчової продукції, здоров'я населення та стабільності екосистем.

У цих умовах науковий аналіз поширення важких металів і радіонуклідів у зонах бойових дій набуває першочергового значення для оцінки потенційної екологічної небезпеки, визначення зон критичного ризику та обґрунтування заходів для відновлення й охорони ґрунтового середовища.

Через складну просторову систему екотоксичного навантаження та багатокомпонентним характером токсичних джерел виникає необхідність застосування високоточної методології аналізу та системного підходу до оцінювання стану забруднених ґрунтів. За таких умов геоінформаційні технології набувають особливої значущості, оскільки забезпечують інтеграцію та стандартизовану обробку різнорідних даних — результатів польових вимірювань, лабораторних досліджень, дистанційного зондування, цифрових моделей рельєфу та інформації про характер антропогенного впливу.

Застосування геопросторових методів створює можливості для кількісного моделювання процесів міграції важких металів і радіонуклідів, визначення детермінувальних факторів, їх акумуляції та побудови картографічних моделей територіальної диференціації рівнів забруднення. Використання ГІС-інструментарію дозволяє встановлювати просторові залежності між типами техногенного навантаження та концентраціями токсичних елементів, прогнозувати потенційні траєкторії їх розповсюдження, а також оптимізувати структуру мережі моніторингу. Також геопросторовий аналіз забезпечує перехід від фрагментарних емпіричних даних до комплексного відображення екологічних ризиків, що є необхідною передумовою для ухвалення науково обґрунтованих рішень щодо рекультивації, охорони та раціонального використання ґрунтового покриву у зонах бойових дій (рис. 1).

Геопросторове моделювання поширення важких металів і радіонуклідів у ґрунтах зон бойових дій в Україні є надзвичайно актуальним напрямом досліджень, оскільки воно дозволяє оцінити масштаб та характер забруднення, виявити пріоритетні території для рекультивації та планування безпечного використання земель. Використання методів ГІС і геостатистичного аналізу дає змогу інтегрувати дані різних типів — лабораторних досліджень агрохімічних показників і просторових характеристик земель, що підвищує точність та об'єктивність оцінки екологічного стану ґрунтів.

Особливе значення в цьому процесі має ДУ «Держґрунтохорона», оскільки володіє унікальним архівом агрохімічного моніторингу та ведення баз даних про ґрунти України. Фахівці установи здатні системно проводити відбір проб, забезпечувати стандартизовані лабораторні дослідження та надавати достовірну інформацію для побудови геопросторових моделей, чим забезпечувати наукову

обґрунтованість результатів, що дозволяє ефективно інтегрувати дані про забруднення у систему управління земельними ресурсами та екологічного моніторингу.



Рис. 1. Проста функціональна схема моніторингу поширення важких металів і радіонуклідів у ґрунтах зон бойових дій в Україні

Отже, комплексне застосування геопросторового моделювання у поєднанні з потенціалом ДУ «Держґрунтохорона» відкриває нові можливості для оцінки, прогнозування та управління станом ґрунтів у зонах бойових дій, що є важливим кроком для відновлення екологічної безпеки та сталого використання земель в Україні.

Література

1. Корсун С. Г., Клименко І. І., Болоховська В. А., Болоховський В. В. Транслокація важких металів у системі «ґрунт—рослина» за вапнування та впливу біологічних препаратів. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 29—35. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163245>
2. Ткачук О. П., Шкатула Ю. М., Тітаренко О. М. Сільськогосподарська екологія : навч. посіб. Вінниця : ВНАУ, 2020. 542 с.
3. Пащенко Я. В. Буферні властивості ґрунтів Полісся різного генезису щодо важких металів. *Агрохімія і ґрунтознавство : міжвідомчий тематичний збірник*. 1988. Спецвип. С. 77—78.

4. Шепелюк М. О. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах різних екологічних зон міста Луцька. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 317—321.

5. Денісов Н., Аверін Д., Ющук А. та ін. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. Київ : ВАІТЕ, 2017. 88 с.

УДК 528.7

**ІНТЕГРАЦІЯ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ І ДЕРЖАВНОГО
ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ ДЛЯ ДЕРЖАВНОГО КОНТРОЛЮ
ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ЗЕМЕЛЬ ТА ФІКСАЦІЇ ВОЄННИХ
ПОШКОДЖЕНЬ ҐРУНТІВ**

Т. О. Євсюков, д.е.н., професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: ievsiukov_t@nubip.edu.ua

Сучасна система державного контролю за використанням та охороною земель в Україні залишається недостатньо ефективною і не в змозі виявляти більшість правопорушень. З одного боку, значна частина таких правопорушень як прихований обробіток земель, їхня тіньова оренда, несплата податків, розорювання пасовищ або ж прибережних захисних смуг — не фіксується, оскільки контроль переважно здійснюється у ручному режимі і значною мірою залежить від людського фактора. З другого боку — території, що зазнали воєнних пошкоджень (замінування, вирви, забруднення вибухонебезпечними речовинами тощо), продовжують обліковуватися як придатні до господарювання, що спотворює інформаційну базу.

Враховуючи досвід ЄС, де програма Copernicus і система LPIS є основою моніторингу землекористування, актуальним завданням є інтеграція результатів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у національну систему державного контролю (нагляду) за використанням та охороною земель. Дані ДЗЗ забезпечують масштабне, регулярне й об'єктивне оновлення інформації, дозволяючи автоматизовано порівнювати цільове призначення та фактичний стан земельної ділянки, виявляти розорювання охоронюваних угідь, нелегальні забудови, зміни у водних об'єктах, втрату лісосмуг чи деградацію ґрунтів. У воєнний час супутникові дані стають також ключовим інструментом для фіксації зон бойових пошкоджень, що унеможливають використання земель.

Необхідною є інтеграція даних супутникових класифікацій (зокрема, Sentinel / Copernicus) з існуючими даними Державного земельного кадастру та класифікаціями посівів Мінагрополітики. Це дозволить створити єдину систему моніторингу, здатну автоматично виявляти аномалії, формувати індикатори ризику та забезпечувати доказову базу для проведення перевірок. Важливим

напрямом подальших досліджень є співставлення класифікації CORINE з українською системою угідь, що уніфікує підходи до інтерпретації земного покриву.

Організаційним викликом залишається формування захищеного ланцюга постачання даних ДЗЗ — від виробника та дистриб'ютора до державного центру обробки і кадастрових систем. В умовах воєнного стану особливе значення має кіберзахист, контроль доступу до геоданих, аудит операцій та підготовка користувачів.

Запровадження порталу перевірок із публікацією всіх результатів державного контролю забезпечить прозорість та простежуваність дій контролюючих органів, а також мінімізує корупційні ризики. Водночас необхідно нормативно закріпити можливість «автоматичної перевірки дотримання земельного законодавства» на основі ДЗЗ, що відповідає європейським підходам.

Супутниковий моніторинг та кадастрові дані повинні стати основою нової моделі земельного контролю, здатної: фіксувати фактичне землекористування та порівнювати його з кадастровими відомостями; виявляти тіньову оренду і неправильний облік посівних площ; здійснювати інвентаризацію земель та оцінку стану ґрунтів; формувати реєстр земель і ґрунтів, що зазнали воєнних пошкоджень; підвищувати спроможність громад до контролю через доступні інструменти моніторингу.

Комплексне застосування ДЗЗ і ПС-технологій забезпечить не лише підвищення ефективності державного контролю, а й адаптацію земельного законодавства до стандартів ЄС. Це створить передумови для системного відновлення земель, підвищення прозорості ринку та формування надійної доказової бази для управлінських рішень як у мирний, так і у воєнний період.

УДК 631.4:332.1:504.05:004.94

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РИЗИКУ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕКОНОМІЧНОЇ СТРУКТУРИ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Н. О. Капінос, к.е.н., доцент, М. О. Гримайло, П. І. Войтенко

Сумський національний аграрний університет

*E-mail: nataliia.kapinos@snau.edu.ua; grimaylo1992@ukr.net;
pavlovinnitskiy@gmail.com*

Повномасштабна війна суттєво поглибила наявні деградаційні процеси в українських ґрунтах, створивши виклики як для екологічної стабільності, так і для економічної стійкості аграрного сектору. За даними національних ґрунтових досліджень, ще до 2022 року в Україні еродованими були понад 10,5 млн га земель, що становить близько 40 % сільськогосподарських угідь, тоді як понад 24

% ґрунтів мали підвищену кислотність, а більше ніж 22 млн га ріллі характеризувалися різним ступенем ущільнення [1]. Воєнні дії додатково пошкодили значну площу сільськогосподарських земель — вибухи, пожежі, техногенне забруднення та переміщення важкої техніки спричинили руйнування верхнього горизонту ґрунту, локальні осередки токсикації та зростання площ із втратою продуктивності [2]. За оцінками профільних інституцій, негативний воєнний вплив торкнувся щонайменше 10 млн га різних типів земель [1, 2].

У довоєнний період структура посівів значною мірою формувалася високорентабельними, але ґрунтовиснажливими культурами, насамперед соняшнику, кукурудзи, ріпаку та сої. У 2017—2020 рр. їх частка в структурі посівів зросла на 2,7 %, а загалом такі культури займали понад половину посівних площ України [3]. Це створило значний тиск на ґрунтовий покрив, зумовлюючи зростання ерозійних процесів, погіршення водного балансу та зниження родючості. За таких умов у післявоєнний період без упровадження сучасних наукових інструментів планування відновлення агросектору існує ризик подальшого накопичення деградаційних явищ.

Цифрові моделі ризику деградації ґрунтів є ключовим інструментом для прийняття обґрунтованих рішень щодо просторової оптимізації землекористування. У сучасних підходах ці моделі ґрунтуються на інтеграції даних цифрових моделей рельєфу, ґрунтових карт, кліматичних параметрів, результатів дистанційного зондування та інформації про воєнні пошкодження. В Україні сформовано цифрову ґрунтову модель з роздільною здатністю 25 м, побудовану на основі агрегованих агровиробничих груп ґрунтів, що дає змогу просторово оцінювати потенційну продуктивність і ризики деградації [1]. Такі моделі дозволяють виявляти території з високим ерозійним ризиком, осередки забруднення важкими металами та вибуховими речовинами, ділянки з порушеним водним режимом та зниженим умістом органічної речовини [4, 2].

Важливим напрямом застосування цих моделей є поєднання екологічних індикаторів із показниками економічної ефективності землекористування. Просторова інтеграція карт ризику з даними про урожайність, валову продукцію, собівартість виробництва та витрати на рекультивацію дозволяє враховувати не лише прямі економічні втрати, але й довгострокові екосистемні вигоди. Наприклад, на територіях з високим рівнем ризику доцільним стає переведення орних земель до форм довготривалого залуження або створення лісозахисних смуг, що знижує ерозійні втрати та сприяє збереженню вуглецевого балансу ґрунтів [5]. У середньоризикових зонах цифрові моделі дозволяють обґрунтовано застосовувати заходи мінімального обробітку, точного внесення добрив і оптимізації сівозмін.

У післявоєнний період цифрове моделювання ризику деградації ґрунтів повинно стати основою державної політики відновлення землекористування. Ці інструменти забезпечують можливість визначати пріоритетні ділянки для розмінування та рекультивації, оптимізувати структуру посівів, підвищувати економічну віддачу землекористування та водночас мінімізувати втрати ґрунтового капіталу. Ефективне поєднання цифрової аналітики й економічних механізмів стимулювання сталого землекористування є ключем до відновлення аграрного сектору та забезпечення продовольчої безпеки України.

Література

1. Dmytruk Yu. The State of Soil in Ukraine: Features, degradation and impact of war : presentation at 4th EUSO Stakeholders Forum, 21–23 October 2024 [Electronic resource]. URL: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/EUSO/4rd-young-soil-researchers-forum/02_The-State-Soil-Ukraine_22.10.2024.pdf
2. Matkivskyi M., Taras T. Pollution of the atmosphere, soil and water resources as a result of the Russian-Ukrainian war. Ecological Safety and Balanced Use of Resources. 2024. URL: <https://esbur.com.ua/en/journals/t-15-1-2024/zabrudnennya-atmosferi-gruntu-ta-vodnikh-resursiv-unaslidok-rosiysko-ukrayinskoyi-viyni>
3. Ecoaction. More than 40% of all agricultural land in Ukraine may lose fertility. 2021. URL: <https://en.ecoaction.org.ua/more-than-40-ag-land-may-lose.html>
4. Kucher A. Ukrainian black soils in war: assessing the impact of hostilities on violations of the guidelines for sustainable soil management. Agricultural and Resource Economics. 2025. URL: <https://are-journal.com/are/article/view/994>
5. FAO. Healthy soils in Ukraine: 2020. Rome: FAO, 2021. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca7464en>

УДК 528.8:631.452:631.4:004.9

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ НА ОСНОВІ ДАНИХ ДЗЗ

Н. О. Капінос, к.е.н., доцент, Є. Л. Русановський

Сумський національний аграрний університет

E-mail: nataliia.kapinos@snau.edu.ua; bespalchaya14@ukr.net

Геоінформаційне моделювання стану ґрунтів на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є ключовим інструментом оптимізації структури землекористування в умовах загострення проблем деградації земель. За даними FAO, близько 33 % ґрунтів світу перебувають у стані помірної або сильної деградації, що зумовлено ерозією, зниженням умісту органічної речовини, засоленням та іншими процесами [1]. В Україні масштаби деградації мають критичний характер: площа земель, що зазнали водної ерозії, становить понад 13,3 млн га, у тому числі 10,6 млн га орних земель; понад 4,5 млн га класифікуються як середньо- та сильнозміті, а площа ярів перевищує 140 тис. га

[2]. Така ситуація потребує використання високоточних геоінформаційних інструментів для моніторингу, прогнозування та планування раціонального землекористування.

Супутникові дані Sentinel-2 та Landsat у поєднанні зі спектральними індексами NDVI, NDWI, VHI та іншими є ефективним засобом оцінки стану ґрунтів та рослинності. Дослідження у Запорізькій області показало, що за супутниковими знімками Sentinel-2 у середині вегетаційного періоду 2024 року приблизно 15 % аналізованої території мали значення NDVI нижче 0,2, що свідчить про виражений вегетаційний стрес, а значення NDWI порядку $-0,2$ — на критичний дефіцит вологи [3]. Такі індикатори є надійною основою для оцінки проявів деградаційних процесів — виснаження ґрунтового покриву, погіршення водного режиму, розвитку посух та опустелювання [3, 4].

Інтеграція супутникових даних у ГІС-середовище забезпечує можливість створення комплексних моделей деградації ґрунтів, які поєднують дані про рельєф, ґрунтові характеристики, структуру землекористування, сівозміни та антропогенний вплив. Побудова карт ерозійної небезпеки й фактичної деградації ґрунтів дозволяє виявляти просторові зони невідповідності між потенціалом ґрунтів та фактичним типом використання. У регіонах із часткою ріллі понад 70—80 % геоінформаційне моделювання визначає території, де доцільними є заходи конверсії орних земель у кормові угіддя, відновлення лісосмуг або створення прибережних захисних смуг, що сприяє зменшенню ерозійних втрат і підвищенню екологічної стійкості агроландшафтів [4].

Відповідно до сучасних національних стратегічних орієнтирів, пов'язаних із боротьбою з деградацією ґрунтів, особливу увагу приділено формуванню системи екологічно збалансованого землекористування на основі цифрових даних та ГІС-технологій [5]. Використання геоінформаційних моделей, побудованих на основі ДЗЗ, забезпечує можливість кількісної оцінки впливу управлінських рішень на стан ґрунтів і створює науково обґрунтовану основу для формування оптимальної структури землекористування на рівні громад і регіонів.

Література

1. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report (2015). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://surl.li/xzwfur>
2. Деградація ґрунтів (Україна) // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Деградація_ґрунтів_\(Україна\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Деградація_ґрунтів_(Україна))
3. Мудрак О. В., Ганчук М. М., Скиба В. П. та ін. (2024). Екологічний моніторинг розвитку посушливих процесів у Запорізькій області. *Збалансоване природокористування*. URL: <https://surl.li/bwgahf>

4. Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. (2019). Агроекологічний супутниковий моніторинг: монографія. Київ : Аграрна наука, 204 с.

5. Всесвітній день ґрунтів // Український інститут майбутнього лісу (URIFFM). 05.12.2023. URL: <https://uriffm.org.ua/uk/news/497>

УДК: 631.417:528.8:504.062

ЦИФРОВІ МОДЕЛІ ҐРУНТІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ УКРАЇНИ

Н. О. Капінос¹, к.е.н., доцент, А. М. Сема², О. В. Буряк¹

¹Сумський національний аграрний університет,

²Сумський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: nataliia.kapinos@snaeu.edu.ua; staff6035@gmail.com; gamsunny@gmail.com

Сучасні процеси деградації ґрунтів в Україні — зокрема ерозія, зменшення вмісту гумусу, переущільнення, забруднення та структурні порушення — потребують переходу до просторово орієнтованих і науково обґрунтованих методів управління агроландшафтами. За даними ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» НААН, понад 35 % сільськогосподарських угідь зазнають водної та вітрової ерозії, а середні річні втрати гумусу становлять 0,22—0,27 т/га [1]. У такій ситуації цифрові моделі ґрунтів (Digital Soil Models, DSM) стають ключовим інструментом для ухвалення рішень щодо раціонального землекористування та мінімізації деградаційних процесів.

Цифрове ґрунтове моделювання ґрунтується на інтеграції супутникових даних (Sentinel-2, Landsat 8/9), результатах польових описів, традиційних ґрунтових карт та алгоритмів машинного навчання. Такий підхід дозволяє прогнозувати просторовий розподіл властивостей ґрунту — зокрема вміст органічного вуглецю, рН, гранулометричний склад, потенційну ерозійну небезпеку та індекси екологічної стабільності агроландшафтів [2]. Глобальні дані SoilGrids свідчать, що середній вміст органічного вуглецю в орних ґрунтах України перебуває в межах 1,5—2,5 % [3], проте регіональні DSM-моделі виявляють значну просторову диференціацію — від 0,8 % на деградованих схилах до 4,5 % у заплавах екосистемах.

Застосування цифрових ґрунтових моделей забезпечує можливість здійснювати локалізовану діагностику деградаційних процесів, прогнозувати їх подальший розвиток, оптимізувати структуру посівів відповідно до просторової продуктивності ґрунтів та формувати карти управління для точного землеробства. Також DSM сприяють розробленню систем протиерозійних заходів, оцінці

вуглецевого балансу агроландшафтів та плануванню адаптивного землекористування на рівні громад [4].

За оцінками FAO (2023), впровадження цифрових моделей ґрунтів разом із технологіями точного землеробства дає змогу підвищити ефективність використання мінеральних добрив на 15—25 %, зменшити ризики ерозійних втрат до 40 %, а також збільшити економічну віддачу сільськогосподарських підприємств на 10—18 % завдяки більш раціональному управлінню ресурсами [5]. Для України, особливо в умовах післявоєнного відновлення та підвищеної антропогенної трансформації земель, використання DSM є основою для формування систем моніторингу стану ґрунтів, моделювання ризиків деградації та розроблення довгострокових стратегій сталого землекористування [6].

Цифрові моделі ґрунтів є інноваційним фундаментом для модернізації системи управління земельними ресурсами в Україні. Їх застосування дає змогу поєднати традиційні ґрунтові дослідження з даними супутникового моніторингу та сучасними алгоритмами прогнозування, створюючи науково обґрунтовану основу для підвищення ефективності, екологічної безпеки та стійкості землекористування. У перспективі DSM здатні стати ключовим елементом національної системи цифрового агромоніторингу та одним із пріоритетних інструментів адаптації аграрного сектору до кліматичних змін і деградаційних загроз.

Література

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Харків: ННЦ «ІА ім. О.Н.Соколовського» НААН, 2021, 125 с. URL: <https://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2021/12/Natsionalna-dopovid-2021.pdf>
2. Minasny, B., & McBratney, A. B. (2016). Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*, Vol. 264. P. 301—311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>
3. ISRIC — World Soil Information (2023). SoilGrids250m. Wageningen : ISRIC. URL: <https://soilgrids.org>
4. Hengl, T., & MacMillan, R.A. (2019). Predictive Soil Mapping with R. Wageningen : OpenGeoHub Foundation, 370 p. URL: <https://soilmapping.com/book>
5. FAO (2023). Status of the World's Soil Resources 2023. Rome : Food and Agriculture Organization, 210 p. URL: <https://www.fao.org/documents/card/en/cc9814en>
6. Wadoux, A. M. J.-C., Samuel-Rosa, A., Poggio, L., & McBratney, A. B. (2021). Machine learning for digital soil mapping: A review. *Geoderma*, Vol. 404. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115297>

**ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ
ПОРУШЕНИХ ЛІСОВИХ ТЕРИТОРІЙ ТА ОЦІНКИ ДЕГРАДАЦІЇ
ҐРУНТІВ У ЗОНАХ ПІДВИЩЕНИХ АНТРОПОГЕННИХ ВПЛИВІВ**

Н. О. Капінос, к.е.н., доцент, Д. М. Суходуб

Сумський національний аграрний університет

E-mail: nataliia.kapinos@snau.edu.ua; dsukhodub@gmail.com

Сучасні процеси трансформації лісових екосистем України, спричинені інтенсивною господарською діяльністю, несанкціонованими вирубками, пожежами та воєнними діями, вимагають впровадження інструментів високоточного просторового аналізу, здатних оперативно фіксувати масштаби порушень і оцінювати стан ґрунтового покриву. ГІС-технології у поєднанні з даними дистанційного зондування Землі створюють можливості для комплексного картографування порушених лісових територій та визначення тенденцій деградації ґрунтів. За даними Європейської програми Copernicus, супутники Sentinel-2 забезпечують просторову роздільну здатність 10—20 м, що дозволяє деталізовано фіксувати зміни рослинного покриву та структури ґрунтів у лісових масивах [1]. Використання індексів NDVI, NBR та EVI дає змогу визначити ступінь пошкодження ділянок після пожеж, вирубок або тривалого антропогенного навантаження. Наприклад, зниження значень NDVI більш ніж на 0,2 свідчить про суттєве порушення рослинності, а індекс NBR є одним із найчутливіших показників для оцінки постпожежної деградації ґрунту [2].

Глобальні ґрунтові бази даних, зокрема SoilGrids250m, дозволяють масштабувати аналіз, забезпечуючи доступ до моделей вмісту органічного вуглецю, рН та текстурних характеристик ґрунтів з роздільністю 250 м [3]. Для України ці дані мають ключове значення, оскільки понад 20 % лісових земель перебувають у зонах підвищеного антропогенного тиску, включаючи фрагментовані лісові масиви та території, що постраждали від воєнних дій у 2022—2024 роках. Застосування ГІС-аналізу дає можливість інтегрувати дані про пожежі (MODIS, VIIRS), вирубки (Global Forest Change), типи ґрунтів та структуру рослинності для формування комплексних карт деградованих територій, що дозволяє органам лісового господарства ухвалювати обґрунтовані рішення щодо рекультивації, обмеження рубок та планування заходів для відновлення ґрунтового покриву [4].

Комплексний просторовий аналіз, побудований на основі ГІС-технологій, забезпечує можливість раннього виявлення ризиків деградації ґрунтів, моніторингу динаміки порушень у режимі близькому до реального часу та визначення пріоритетних зон для природоохоронних заходів. Використання відкритих супутникових даних, глобальних моделей ґрунтів та інструментів

геоаналітики створює інтегровану платформу для прийняття ефективних управлінських рішень у сфері раціонального лісокористування та ґрунтової безпеки.

Література

1. Copernicus Sentinel-2 User Guide. European Space Agency. URL: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>.
2. USGS. Spectral Index Definitions. United States Geological Survey. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-spectral-indices> (дата звернення: 21.11.2025).
3. Hengl T., de Jesus J.M., Heuvelink G.B.M. et al. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. PLOS ONE,. URL: <https://soilgrids.org>.
4. FAO (2023). Soil degradation assessment in Eastern Europe. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org>

УДК 631:173:633

КАРТОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ТА ОХОРОНОЮ ҐРУНТІВ

І. С. Кузьменко, Р. О. Сябренко, К. А. Нечипорук,

Т. М. Воронецька, С. В. Романчук

ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: nessi_ku@ukr.net

Сучасне землеробство стоїть перед необхідністю раціонального використання ґрунтових ресурсів для підвищення продуктивності та забезпечення екологічної безпеки агроecosистем. Родючість ґрунтів значною мірою визначається їх агрохімічними характеристиками, такими як вміст органічної речовини, доступних форм макро- та мікроелементів, кислотністю та іншими показниками. Традиційні методи оцінки стану ґрунтів не завжди дозволяють отримати просторово диференційовану інформацію, необхідну для прийняття точних управлінських рішень.

Картографічний аналіз агрохімічних показників дозволяє систематизувати дані, оцінити їх просторову мінливість і виявити критичні ділянки, що потребують корекції агротехнічних заходів. Впровадження сучасних методів геоінформаційного моделювання у поєднанні з лабораторними аналізами створює науково обґрунтовану основу для управління родючістю ґрунтів та забезпечення їх охорони.

Під час проведення моніторингу сільськогосподарських земель відповідно до методики агрохімічної паспортизації здійснюється обстеження угідь та отримання даних про вміст елементів живлення для кожного відібраного зразка [1]. Результати досліджень заносяться до бази даних із просторово-часовою

прив'язкою. Для оцінки агрохімічних характеристик ґрунтів застосовуються такі програмні засоби як ArcGIS. У ArcGIS виконується прив'язка растрових зображень досліджуваних господарств та цифрове оформлення обстежуваних ділянок, на основі чого будуються картограми вмісту різних елементів живлення у ґрунтах сільськогосподарських земель.

Після проведення статистичного аналізу даних та оцінки їх рівномірності розподілу здійснюється інтерполяція методом ординарного кригінга. Отримані інтерпольовані поверхні для вмісту окремих елементів живлення перетворюються на растрові формати, що дозволяє моделювати нові просторові поверхні, які відображають придатність земель для вирощування сільськогосподарських культур за показниками агрохімічного складу ґрунтів.

На основі геопросторової моделі поля територія розбивається на елементарні ділянки із сіткою квадратів та визначенням точки відбору ґрунтових проб (рис. 1). Такий підхід забезпечує рівномірне охоплення території та підвищує точність оцінки просторової мінливості агрохімічних показників.

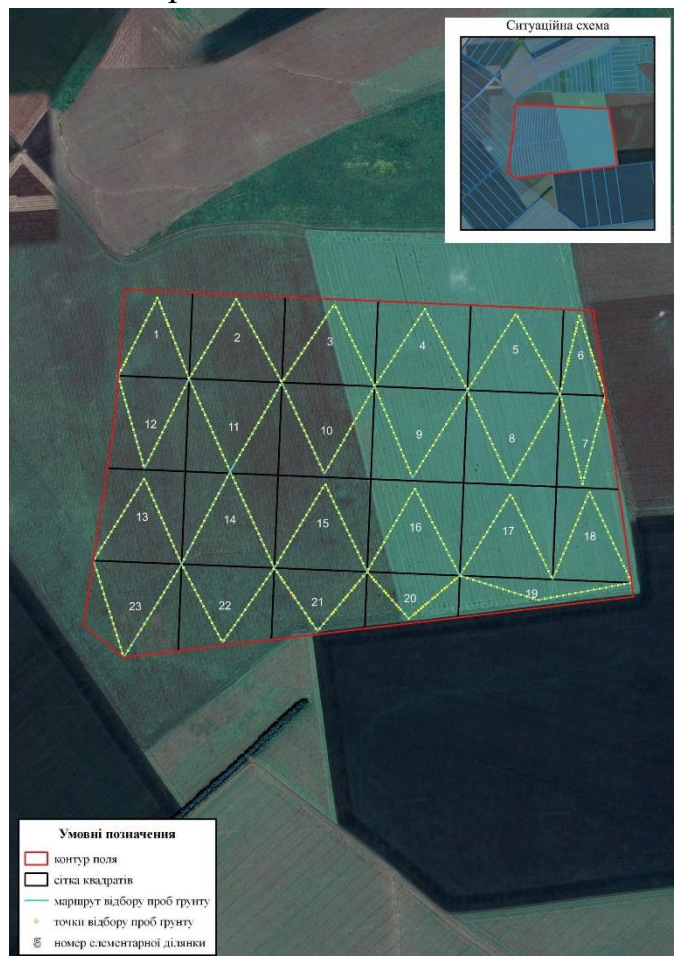


Рис. 1. Схема організації картографічного аналізу агрохімічних показників на сільськогосподарському полі

Для підвищення точності просторового аналізу використовуються інструменти геоінформаційних систем (QGIS, ArcGIS, ArcGIS Pro), які дозволяють поєднувати результати лабораторних досліджень із координатами точок відбору проб. Це дає можливість створювати карти розподілу агрохімічних показників, визначати проблемні зони та прогнозувати тенденції деградаційних процесів.

Отримані результати агрохімічного аналізу (вміст гумусу, рН, елементи живлення тощо) інтегруються у базу геоданих, що дозволяє будувати тематичні карти, визначати зони різного агрохімічного стану й формувати рекомендації для диференційованого внесення добрив.

Застосування картографічного аналізу в агрохімічному моніторингу забезпечує науково обґрунтований підхід до управління земельними ресурсами. На основі отриманих даних можна планувати оптимальні агротехнологічні заходи, регулювати дози внесення добрив, відновлювати баланс поживних речовин і запобігати надмірному навантаженню на ґрунтовий покрив.

Геоінформаційні системи є ключовим інструментом для картографічного аналізу агрохімічних показників ґрунтів, що дозволяє оцінювати їх просторову мінливість та ідентифікувати проблемні ділянки. Інтеграція лабораторних даних із ГІС забезпечує науково обґрунтовану основу для управління родючістю земель, прогнозування деградаційних процесів та планування агротехнологічних заходів. Використання ГІС сприяє підвищенню ефективності землекористування та охороні ґрунтового покриву України.

Література

1. Можливості сучасних ГІС / ДЗЗ технологій у сприянні вирішення проблем Рівненщини. *Матер. регіональної наради* (12—14 грудня 2006 р.). Рівне, 2006.

УДК 631.8

ОБРОБЛЕННЯ СУПУТНИКОВИХ GIS-ДАНИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

С. Ф. Топольний¹, к.б.н., О. Ф. Гелевера², к.геогр.н., доцент

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Центральноукраїнський національний технічний університет

E-mail: sergii.topolnyi@yara.com; heleveraof@kntu.kr.ua

Інтеграція супутникових геоінформаційних систем (GIS) у сільське господарство відкриває нові можливості для точного землеробства, прогнозування врожайності та раціонального використання ресурсів. Дослідження присвячене аналізу методів оброблення супутникових зображень, розрахунку індексів рослинності NDVI та EVI, формуванню карт-завдань для

диференційованого внесення добрив і оцінці ефективності технологій супутникового моніторингу в аграрному секторі.

У світовій науковій практиці активно використовуються дані супутників Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8/9, MODIS. Численні дослідження (Topolnyí, Helevera, 2025; Malinowski et al., 2020; Defourny et al., 2019) підтверджують ефективність супутникового моніторингу для класифікації посівів, оцінки стану ґрунтів і прогнозування врожайності.

У дослідженні використано багатоспектральні зображення супутників Sentinel-2 (10—20 м, 5-денна періодичність) для оцінки стану посівів пшениці та кукурудзи. На основі обчислення індексів $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ та $EVI = 2,5 \times (NIR - Red) / (NIR + 6 \times Red - 7,5 \times Blue + 1)$ здійснювалася класифікація ділянок за біомасою та фотосинтетичною активністю. Подальше групування зон із подібними характеристиками проводилося за алгоритмом кластеризації k-means, що дало змогу створити карти управління для диференційованого внесення добрив у форматах ISO-XML та shapefile, сумісних із VRT-обладнанням.

Дослідження підтвердило, що використання супутникових геоінформаційних технологій у поєднанні з алгоритмами оброблення багатоспектральних даних забезпечує високий рівень достовірності за оцінювання стану посівів і прийняття рішень щодо їх догляду. Аналіз проведено на прикладі моніторингу озимої пшениці у Черкаській та Житомирській областях у 2024 році з використанням даних Sentinel-2, оброблених у середовищі Google Earth Engine.

Порівняльна динаміка індексу NDVI з березня по липень виявила закономірні фази інтенсивного росту рослин, що чітко корелюють із фенологічними етапами розвитку пшениці (фаза кущіння, вихід у трубку, колосіння). Зокрема, у Черкаській області середнє зростання NDVI з 0,25 до 0,75 протягом 30 днів відповідало підвищенню площі листової поверхні на 60 % і збільшенню біомаси приблизно на 2,5—4,0 т/га сухої речовини. У цей період також зафіксовано зменшення коефіцієнта варіації індексу з 18 % до 12 %, що свідчить про вирівнювання вегетаційних показників у межах поля завдяки використанню системи диференційованого живлення.

Практичне впровадження таких технологій дало змогу зменшити витрати добрив на 14—18 %, підвищити врожайність до 12 % і забезпечити рівномірність розвитку рослин. Хмарні сервіси AtFarm і Cropwise підтвердили ефективність використання інтерпретованих супутникових даних для створення карт родючості, планування агротехнічних операцій і прогнозування врожайності.

Таким чином, геоінформаційні системи на основі супутникових даних є ефективним інструментом управління агровиробництвом. Використання індексів NDVI та EVI дає змогу виявляти просторову неоднорідність посівів і забезпечує основу для точного внесення добрив. Впровадження супутникового моніторингу

сприяє зниженню антропогенного навантаження, оптимізації витрат ресурсів та підвищенню стійкості агросистем до кліматичних змін. Подальші дослідження необхідно спрямовувати на інтеграцію даних дистанційного зондування із сенсорами IoT, моделями машинного навчання та аналітичними платформами для прогнозування врожайності у реальному часі.

УДК 631.6: 528.9: 332.3

ІНТЕГРАЦІЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ: ДОСВІД ХАКАТОНУ З ВІДНОВЛЕННЯ ЗАТОПЛЕНИХ ЗЕМЕЛЬ РІЧКИ ІРПІНЬ

*Р. А. Третяк, к.е.н., В. Ю. Беленок, к.ф.-м.н., доцент, Л. Р. Скрипник, PhD, доцент,
О. О. Клименко*

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

*E-mail: roman.tretiak@npp.kai.edu.ua; vadym.belenok@npp.kai.edu.ua;
liliia.skrypnyk@npp.kai.edu.ua; oleksii.klymenko@npp.kai.edu.ua*

Сучасні виклики, які постають перед Україною, особливо в контексті повоєнного відновлення та ліквідації наслідків воєнних дій, вимагають від закладів вищої освіти невідкладного переходу до практико-орієнтованого та командного навчання. Недостатньо лише теоретичного вивчення дисциплін; необхідно інтегрувати навчальний процес із реальним розв'язанням інженерних, екологічних та управлінських проблем. Використання міжнародних освітніх форматів, зокрема хакатонів, є найбільш ефективним інструментом для розвитку цифрових компетентностей та забезпечення релевантності наукової діяльності до потреб виробництва.

Метою роботи є узагальнення досвіду участі команди Державного університету «Київський авіаційний інститут» (ДУ «КАІ») у міжнародному освітньому хакатоні DigiEduHack 2025 «Geospatial Solutions for Sustainable Development and Land Recovery» та обґрунтування ефективності такої форми роботи для підвищення якості освітньої та наукової діяльності у сфері геодезії, землеустрою та ГІС-технологій.

Хакатон як освітня методологія. Хакатон (Hackathon) — це інтенсивний, обмежений у часі (24—48 годин) захід, під час якого команди фахівців (землевпорядники, архітектори, ГІС-аналітики) співпрацюють для швидкого та креативного вирішення конкретної проблеми або створення прототипу інноваційного проєктного рішення. Команда ДУ «КАІ» працювала 26 годин.

Ефективність команди в хакатоні забезпечується чітким розподілом ролей та застосуванням методу «Мозкового штурму»:

Учасники (студенти): безпосередні виконавці, які генерують ідеї, проводять аналіз та створюють кінцевий продукт (цифрову карту, землевпорядний проєкт).

Для них це унікальний шанс перевірити теоретичні знання в екстремальних умовах.

Ментори (викладачі Третяк Р. А., Беленок В. О.): досвідчені фахівці, чие завдання полягає у консультуванні, спрямуванні зусиль відповідно до вимог технічного завдання та коректності застосування методології. Консультанти (Скрипник Л. Р., Клименко О. О.) надавали експертну підтримку з питань землеустрою та геодезії.

Навчальна користь полягає у розвитку навичок колективного вирішення проблем, швидкої оцінки ідей та комбінування знань з різних галузей, що є критично важливим для сучасного землевпорядника.

Для проєкту команді ДУ «КАІ» було обрано проблему знайти рішення по затоплених землях у долині річки Ірпінь, спричинену воєнними діями 2022 року. Для оперативного вирішення завдання (оцінка збитків та класифікація земель) застосовано ГІС-технології та дистанційне зондування Землі (ДЗЗ):

- геоаналітика та програмне забезпечення — учасники застосовували ArcGIS Pro для швидкого геоаналізу на основі супутникових знімків;
- спектральний аналіз — для визначення точних меж підтоплення та площі затоплених земель (загалом 1198,8 гектара) розраховано спектральний індекс AWEIsh (Automated Water Extraction Index with Shadows Elimination);
- результати для управління — швидка ГІС-оцінка дозволила накласти межі підтоплення на кадастрові межі, визначити збитки за державною, комунальною, приватною формами власності та оперативно облікувати землі, непридатні для використання (згідно з ПКМУ № 476).

Висновки та рекомендації для освітнього процесу. Досвід участі ДУ «КАІ» у DigiEduHack 2025 підтверджує, що хакатон є найкращою формою освітньої та наукової інтеграції. Це дозволило студентам не просто вивчити, а й застосувати складні інструменти (AWEIsh та ArcGIS Pro) для вирішення реальної проблеми, створивши інноваційний та трансферний інструмент (цифрову карту ризиків).

Створений інструмент та методика можуть бути масштабовані для оцінки інших негативних впливів (забруднення, пожежі) та впроваджені у навчальні програми з архітектури, містобудування, ГІС та землеустрою, підвищуючи рівень підготовки фахівців для відбудови України.

Досвід підтвердив, що інноваційний підхід із застосуванням AWEIsh є швидким та точним механізмом для оперативного обліку та класифікації земель, що зазнали деградації, що є критично важливим для подальшого землевпорядного процесу та заходів щодо охорони земель.

Участь у таких заходах забезпечує перехід від засвоєння теорії до формування цифрових та командних компетентностей, необхідних на сучасному ринку праці.

УДК 621.396.967;621.346.962.631.6;626.8,631.6

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПРОСТОРОВА ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ПОТРЕБИ ВОДИ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЗРОШЕННЯ

А. М. Шевченко, к.с.-г.н., старш. наук. співроб., З. В. Розлач, к.геогр.н.,

Є. І. Порхун

Інститут водних проблем і меліорації НААН

E-mail: monitoring_protect@ukr.net

Зростання посушливості клімату в усіх природно-кліматичних зонах України істотно погіршує умови природного вологозабезпечення вирощування сільськогосподарських культур. Це зумовлює наростання потреби у зрошенні як адаптаційного заходу до кліматичних змін на все більшій площі земельних угідь. Водночас кліматичні трансформації значною мірою негативно впливають і на стан забезпеченості територій водними ресурсами, зокрема доступних до використання для потреб зрошення обсягів водних ресурсів.

Геопросторове оцінювання забезпеченості територій водними ресурсами для зрошення передбачає виділення ділянок з різною потребою у воді для проведення поливів, яка визначається насамперед рівнем природного вологозабезпечення атмосферними опадами, тобто умовами сприятливості гідротермічного режиму для вирощування сільськогосподарських культур.

Виокремлення територій з різними умовами вологозабезпеченості, зокрема з дефіцитом природного вологозабезпечення, доцільно здійснювати на основі розрахунків і просторового відображення кліматичного водного балансу як різниці між кількістю опадів і потенційною евапотранспірацією.

Просторовий аналіз кліматичного водного балансу дає можливість оцінити природну зволоженість, від рівня якої прямо залежать умови та ефективність ведення землеробства на тій чи іншій території, а також визначити доцільність та обсяги застосування зрошення. Також визначення величин кліматичного водного балансу дає можливість оцінити кліматичні зміни з часом і, відповідно, скоригувати управлінські рішення для максимально ефективного забезпечення сільськогосподарських культур необхідною кількістю води для отримання сталих і високих врожаїв.

Для отримання вхідних даних пропонується використовувати агрогідрологічну модель SWAT на базі онлайн-платформи «Land & Water» (<https://landwater.uhmi.org.ua/>). Ця модель забезпечує просторове відтворення кліматичних та гідрологічних процесів, моделюючи компоненти водного балансу

із щоденним кроком. Уся територія розподіляється на малі водозбори, які також поділені на суббасейни (аналітичні одиниці), що поєднують схожі властивості ґрунтів, рослинного покриву та рельєфу. Розрахунок дефіциту вологозабезпеченості за кліматичним водним балансом проводиться для років різної забезпеченості. Варто підкреслити, що значною перевагою використання моделі SWAT є можливість просторового отримання необхідних вихідних даних і гідрометеорологічних характеристик для території дослідження. Натепер модель містить величезний обсяг географічної та гідрометеорологічної інформації за 1980—2020 роки, зокрема, опадів, випаровування, запасу вологи ґрунту, снігового покриву, витрат води на водотоках, шару поверхневого, внутрішньогрунтового та ґрунтового стоків. Особливою цінністю цієї платформи є можливість отримання таких даних і для територій без проведених спостережень (відсутність гідрологічних постів, метеостанцій тощо).

Окремо слід визначати середні багаторічні значення дефіциту вологозабезпеченості, а також його величини за багатоводний і маловодний роки, оскільки планування заходів для зрошення повинно виконуватися за різних кліматичних сценаріїв, зокрема, особлива увага приділяється саме маловодним рокам, коли виникає необхідність компенсації більшого дефіциту природного вологозабезпечення.

Розрахунки кліматичного водного балансу території України на основі детального врахування кліматичних параметрів на рівні адміністративних районів за два періоди (1991—2020 рр. і 2011—2020 рр.) для років різної забезпеченості засвідчують як істотне зростання дефіциту природної вологозабезпеченості із півночі на південь, так і стрімке збільшення його величини за останні 10 років, пов'язане з сучасною тенденцією до загального потепління клімату. Наприклад, навіть для районів центральної частини України зростання дефіциту природної вологозабезпеченості за останні 10 років у середньому становить 42 %, а найбільше — саме для літніх місяців, які є критично важливими для вирощування рослин, що повинно враховуватися і на перспективу.

Для визначення рівня природної вологозабезпеченості окремих територій атмосферними опадами та її дефіциту для планування обсягів зрошення (компенсації поливами дефіциту вологопотреби) при розрахунках слід брати до уваги сумарні значення кліматичного водного балансу наростаючим підсумком його середньомісячних величин з початку року до кінця вегетаційного періоду (залежно від культур — переважно вересень місяць) з можливим врахуванням рівня їх забезпеченості.

З урахуванням попередніх напрацювань [1] запропоновано здійснювати зонування територій за дефіцитом природної вологозабезпеченості, яке містить 6 градацій: понад 0 мм — зона відсутності дефіциту; 0—(–150) мм — зона

незначного дефіциту; $-150—(-300)$ мм — зона середнього дефіциту; $-300—(-450)$ мм — зона значного дефіциту; $-450—(-600)$ мм — зона дуже значного дефіциту; понад -600 мм — зона надзвичайного дефіциту.

За встановленим рівнем дефіциту вологозабезпечення та відповідною розрахунковою нормою зрошення, що забезпечує бездефіцитний кліматичний водний баланс сільськогосподарських культур до кінця вегетації, у межах певних територій можна визначити загальну потребу у воді для зрошення наявних площ сільськогосподарських угідь або ріллі.

Література

1. Районування території України за рівнем забезпеченості гідротермічними ресурсами та обсягами використання сільськогосподарських меліорацій / Ю.О. Тараріко та ін. Київ : ТОВ ЦП «Компринт», 2015. 62 с.

УДК 551.583:502.05

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА АГРОЕКОСИСТЕМИ

Д. М. Шерстюк, аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна

E-mail: volaf666@gmail.com

Агроєкосистеми відіграють важливу роль у сільськогосподарській діяльності людини, тому клімат має велике значення для культурних рослин. Ці рослини є вибагливими та повинні забезпечувати високий рівень урожайності. Будь-які зміни, що впливають на ці показники, повинні бути відстежені та досліджені, оскільки їх вплив може поставити під загрозу продовольчі запаси, які мають стратегічне значення для людства відповідно до Цілей сталого розвитку ООН.

Одним із показників впливу кліматичних змін є температура. Вона є важливим фактором, бо визначає, чи зможе рослина прорости у відповідній місцевості, або чи зазнаватиме стресу через занадто високі чи низькі температурні показники, що проявляється у пригніченні її росту. Нині такі зміни не мають суттєвого впливу на весь період дозрівання культур, однак коливання температури, спричинені кліматичними змінами, виражаються в аномальних показниках, які фіксують рекордно високі значення, а також у збільшенні тривалості теплих періодів. Температурні відхилення, зокрема у м. Києві, коливаються від $0,4—5,3$ °C (табл. 1) [1].

Кліматичні зміни також проявляються у зміні рівня опадів. Для агроєкосистем опади мають важливе значення, оскільки вологозабезпеченість є критичною як для ґрунтових екосистем, так і для культурних рослин. Вода відіграє ключову роль у процесах життєдіяльності та росту рослин. Такі показники можна відстежувати за допомогою систем дистанційного зондування

Землі (ДЗЗ) за допомогою індексів: NDMI — відображає рівень вологозабезпеченості рослин; NDVI — характеризує вегетаційний стан; CVI та LCI — визначають рівень хлорофілу у рослинах. Використовуючи ці індекси, можна проводити оцінку стану посівів і відстежувати зміни у динаміці розвитку рослин за супутниковими даними [2].

Таблиця 1

Кліматичні дані по м. Києву

Характеристика	Норма	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середня місячна температура повітря (°C)	(1991—2020)	−3,2	−2,3	2,5	10,0	15,8	19,5	21,3	20,4	14,9	8,6	2,6	−1,8	9,0
	2025	2,1	−3,7	7,4	11,1	13,6	19,1	22,6	20,2	16,8	8,6			
	відхилення	5,3	−1,4	4,9	1,1	−2,2	−0,4	1,3	−0,2	1,9	0			
Місячна кількість опадів (мм)	норма (1991—2020)	37	39	40	42	65	74	68	56	58	46	46	47	618
	2025	25	12	37	47	64	57	97	48	45	72			
	відхилення	−12	−27	−3	5	−1	−17	29	−8	−13	26			

Середній показник вегетації за індексом NDVI (рис. 1) зростає внаслідок кліматичних умов.



Рис. 1. Графік середніх значень вегетації за NDVI [3]

Цей індекс відображає підвищений ріст рослин, порівнюючи з попередніми роками, що також свідчить про збільшення врожайності під впливом кліматичних факторів. Це так само можна розглядати як позитивний ефект порівняно з іншими впливами, зафіксованими засобами ДЗЗ та метеорологічними показниками. Опади також мають велике значення для агроecosистем, оскільки належний рівень

вологозабезпеченості стимулює ріст рослин. Зміна розподілу та кількості опадів, що спостерігається внаслідок кліматичних змін, впливає на стан культурних рослин, зокрема на їх розвиток (див. табл. 1).

Отже, кліматичні зміни вже чинять помітний вплив на агроєкосистеми. Використання засобів супутникового моніторингу дає можливість не лише визначати поточний стан рослинного покриву, але й відстежувати просторово-часову динаміку кліматичних показників, що є ключовими для стабільного функціонування агроєкосистем.

Література

1. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatolohichna/klimatychni-dani-po-kyievu>
2. Index DataBase – <https://www.indexdatabase.de/db/i.php>
3. Copernicus Open Access Hub. – <https://documentation.dataspace.copernicus.eu/Home.html>

УДК 631.417.2:631.95

**POTENTIAL OF PULP AND PAPER MILL SLUDGE-DERIVED BIOCHAR
TO ENHANCE SOIL ORGANIC MATTER**

*V.A. Hetmanenko, PhD, Research Scientist, Natural Resources Institute, Finland,
viktoriia.hetmanenko@luke.fi*

Background. Improving the carbon balance of cultivated soils is essential for both climate change mitigation and agricultural productivity. A promising solution is the application of biochar — a stable, carbon-rich material produced by pyrolysis of organic feedstocks under limited oxygen. This study evaluates biochars derived from pulp and paper mill sludge (PPMS) as sources of stable carbon for agricultural soils.

Methodology. The materials studied were classified as low-nutrient fiber (LNF) and nutrient fiber (NF), which were pyrolyzed at 450 °C (LNF₄₅₀) and 550 °C (NF₄₅₀). The LNF₄₅₀ biochar contained 65% total carbon, whereas the NF₄₅₀ biochar had a total carbon content of 52%. Increasing the temperature to 550 °C led to lower total carbon (≈62% for LF550; 50% for NF550) due to intensified carbonization and accumulation of inorganic minerals [1, 2]. Decomposition of biochars was tested using a microcosm-linked litterbag experiment. Polyester bags containing each material were buried in acidic clay soil for one year and recovered for analysis. Then samples were incinerated at 550 °C for 5 h. The loss on ignition (LOI) quantifies organic matter as the combustible fraction.

Results and discussion. Ignition loss decreased markedly with increasing pyrolysis temperature, confirming enhanced thermal stability and fixed-carbon formation. NF450 showed moderate LOI (~45%), while LNF450 had higher LOI (~74%), indicating more volatile compounds due to the higher cellulose content in LNF. Although NF450 and LNF450 showed a large difference in LOI this contrast diminished at 550 °C. LF550 and NF550 had the lowest LOI values (25% and 20%), signifying high carbonization and minimal labile material. These results align with field observations showing that slow-pyrolyzed biochars retain nearly all their mass during soil incubation [1, 3]. Compared with composted or digested residues that decompose rapidly, biochars demonstrate exceptional resistance to microbial breakdown, placing them among the most recalcitrant organic materials [1]. These biochars offer considerable potential for long-term carbon storage, supporting the sustainable reuse of pulp and paper industry residues in climate-smart soil management.

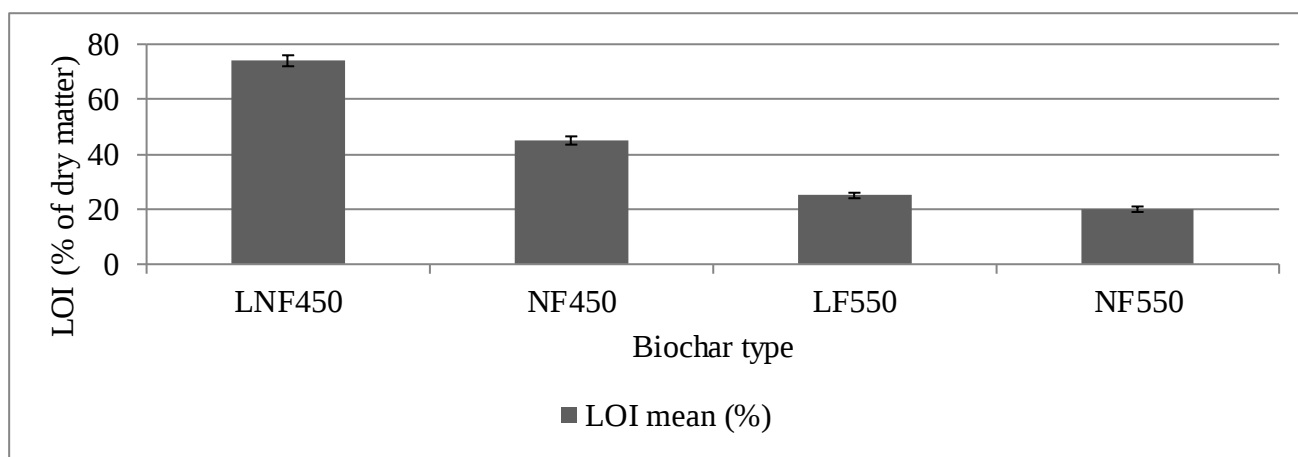


Figure 1. Ignition loss (LOI, % of dry matter) for biochars produced from PPMS after litterbag experiment.

Conclusion. Biochars derived from pulp and paper mill sludge demonstrated clear temperature-dependent improvements in resistance to decomposition. Biochars produced at 550 °C offer considerable potential for long-term carbon storage, supporting the sustainable reuse of pulp and paper industry residues in climate-smart soil management.

References.

1. Li, L., Long, A., Fossum, B., & Kaiser, M. (2022). *Effects of pyrolysis temperature and feedstock type on biochar characteristics pertinent to soil carbon and soil health: A meta-analysis*. *Soil Use and Management*, 38(1), 128–148.
2. Hetmanenko, V., Krylach, S., Skrylnyk, Y., Popirny, M., & Kutova, A. (2025). *Biochar from pulp and paper mill sludge: Co-pyrolysis with bentonite, nutrient retention and leachability*. *AgroLife Scientific Journal*, 14(1), 58–65.
3. Heikkinen, J. et al. (2021). Chemical composition controls the decomposition of organic amendments and influences the microbial community structure in agricultural soils. *Carbon Management*, 12(4), 359–376.

AGRICULTURE IS CARBON CENTRIC AND CLIMATE CRITICAL

*D. C. Reicosky, PhD, Soil Scientist, Emeritus
ARS-USDA, Morris, Minnesota, USA
E-mail: don.reicosky@gmail.com*

Agriculture addresses the complexity of our food security and climate problems. Beyond agriculture's extraordinary impacts on land, biodiversity, water, and environmental pollution, farming practices are also massive contributors to climate change. Increasing soil organic matter (SOM) content is important for adapting to climate change, helping to both maintain and improve agricultural productivity.

Agriculture is one of the main drivers of global land use change through conventional tillage that decreases soil organic carbon (SOC) and biodiversity. We need

to reduce greenhouse gases (GHGs) from all sectors, including agriculture, and that includes preventing further tillage losses of SOC from our soils and restore SOC in our croplands. Tillage is a huge disturbance to soil biology and is a root cause of agricultural land degradation. Tillage-based agriculture has been a major contributor to soil and environmental degradation, loss of ecosystem services, leading to destruction of soil life, soil structure, reduced water infiltration and storage capacity and as one of the most significant causes of erosion (wind, water, tillage). Tillage impacts productive capacity and environmental quality and poses a threat to food production and rural livelihoods, as well as contributing to climate extremes.

Soil underpins all life on earth. Soil organic matter, which is formed by various organic compounds in different stages of decomposition, is very sensitive to land use changes. Its characteristics directly influence agricultural productivity due to its relationship with the physical, chemical, and biological properties of the soil. Carbon (C), the most versatile and critical element of SOM and researchers highlight the importance of accurately measuring C spatial and temporal variability. The life-giving element C moves continuously between the biosphere and the atmosphere.

Carbon is the backbone of life on Earth. The power of “Living Soil Systems” originates through the power of the plant to capture C in photosynthesis and distribute it throughout the plant to the roots. We must understand and manage the soil biology as the “foundational factory” of our food production system. The C energy/food requirement by the soil microbiome is the primary reason that we cannot sequester a significant amount SOC for the long-term. There is no sense of SOC permanence in a living biological system.

There is a major need to translate C sequestration science jargon and terminology into farmer friendly and agricultural community friendly to clearly and concisely describe the complexity of SOC sequestration to inspire serious discussion. We must have a mutually acceptable definition of SOC sequestration, differentiating between biological SOC storage and geologic SOC sequestration. There are many different definitions of sequestration in literature contributing to uncertainty in the intended meaning leading to different interpretations and misunderstanding. The unique nature of SOC is illustrated in complex dynamics and rapid mineralization kinetics required to show the difference between biotic SOC storage and abiotic SOC sequestration. The “Living Soil Systems” includes a dynamic diversity of creatures working underfoot as members of a “soil factory” performing countless critical functions that require the simultaneous cycling of carbon, water, nutrients, and oxygen.

Conservation Agriculture System (CAS) is an ecological approach to regenerative sustainable agriculture and ecosystem management based on C energy flow and the practical application of context-specific and locally adapted interlinked principles:

(1) Continuous no or minimum mechanical soil disturbance (no-till seeding/planting and weeding, and minimum soil disturbance with all farm operations including harvesting),

(2) Permanent maintenance of soil mulch cover (crop biomass, stubble and cover crops); and,

(3) Diversification of cropping system (adapted rotations and/or sequences and/or involving annuals and/or perennials, including legumes and cover crops).

These essential principles are integrated and enhanced with other complementary conservation practices of integrated crop, soil, nutrient, water, pest, labor, energy and land management practices to generate and sustain optimum performance and ecosystem services. Integrating SOC management and natural interactions with diversity within CAS cropping contributes to numerous global economic, environmental and social benefits. With emphasis on C centric management, Conservation Agriculture Systems can help feed the world and mitigate climate extremes.

INTEGRATED USE OF ORGANIC MANURE AND BIOFERTILIZER FOR ENHANCED MICROGREEN PRODUCTION

L. Seevagan¹, K. Chozhan²

¹Assistant Professor, Dhanalakshmi Srinivasan University, Samayapuram, Trichy

²Professor, Dhanalakshmi Srinivasan University, Samayapuram, Trichy

E-mail: seevaganplantdoctor@gmail.com

The use of nutrient-enriched media from renewable resources supports the biological and metabolic processes of microgreens, contributing to food security, reducing malnutrition, and aligning with sustainable development goals. This approach reduces water consumption by 90 % and land use by 80 %. However, climatic and edaphic factors in the surrounding environment can influence biological and physiological activities, potentially leading to the desiccation of the growing medium. Such conditions often necessitate higher water and nutrient inputs, resulting in reduced nutritional synthesis and compromised yield in microgreens grown in open ecosystems. This study aims to identify an optimal growing medium that enhances the yield and nutritional quality of microgreens cultivated in a controlled growth environment.

Introduction. Microgreens are young vegetable greens consisting of roots, stems, and cotyledon leaves. The stem and leaves of microgreens are concentrated in nutrients making them a potent superfood.

Microgreens are the first true leaves produced from a seedling of vegetables and herbs that are about 2—3 inch tall. There are so many varieties of plants including turnips, radishes, broccoli, cauliflower, carrots, celery, chard, lettuce, spinach, arugula, amaranth, cabbage, fenugreek, beets, parsley and basil, to name a few, that can be grown as a microgreen for a wholesome and nutritious addition to your daily meals. The

tiny leaves of most of the microgreens get ready for harvest in 12 to 14 days and are packed with nutrition and intense flavours imitating their mature counterparts. For example, if you are eating the microgreen shoots of radish, the taste and flavour will be a lot like a radish. Similarly, fenugreek microgreens taste just like fenugreek and coriander microgreens taste like coriander.

Microgreens contain considerably higher levels of vitamins and carotenoids — about five times on an average — than their mature counterparts. Such soaring levels of nutrients help lower the risk of cancer, Alzheimer's, osteoporosis and boost heart health. Microgreens first made their appearance as a garnish in the early 80s but soon caught up as the healthiest trend due to their nutritional superpowers. Microgreens in India, however, are still at the outset of becoming a part of our daily diet. The fine-dine restaurants in metro cities like Delhi, Bengaluru, Mumbai have recently started adding microgreens to their salads, appetizers, sandwiches, desserts, mock tails and such.

Microgreens are ideal for the people who are struggling with time and space for maintaining a garden but want to start eating natural and healthy. Microgreens, a hypothesized term used for the emerging food product that is developed from various commercial food crops, such as vegetables, grains, and herbs, consist of developed cotyledons along with partially expanded true leaves. These immature plants are harvested between 7—21 days (depending on variety).

They are treasured for their densely packed nutrients, concentrated flavors, immaculate and tender texture as well as for their vibrant colors. In recent years, microgreens are on demand from high-end restaurant chefs and nutritional researchers due to their potent flavors, appealing sensory qualities, functionality, abundance in vitamins, minerals, and other bioactive compounds, such as ascorbic acid, tocopherol, carotenoids, folate, tocotrienols, phyloquinones, anthocyanins, glucosinolates, etc. These qualities attracted research attention for use in the field of human health and nutrition. Increasing public concern regarding health has prompted humans to turn to microgreens which show potential in the prevention of malnutrition, inflammation, and other chronic ailments. In addition to providing valuable nutritional compositions, they also meet consumers' preferences for novelty and palatability. Moreover, they are a very attractive product for producers as they require minimal production requirements and reach their maximum consumption within a relatively short time frame.

Microgreens, known as “vegetable confetti”, are developed from various commercial food crops, such as vegetables, grains, and herbs that consist of fully developed cotyledons with or without the partially expanded true leaves. The exact portion of the emerging stem of the tender plant, along with the cotyledon leaves and the probable true leaves, are being harvested 7—1 days after germination. These functional micro-vegetables are usually 2—8 cm in height and have intense sensory attributes, such as flavor, texture, aroma, appearance, and exotic colors, irrespective of

their small expanse. They are also overloaded with an abundant level of various phytonutrients, varying according to the nature of the plants that are selected to produce the microgreens. Due to its attributable presence of various health-promoting phytonutrients, such as antioxidants, vitamins, minerals, phenolic compounds, and much more health-promoting compounds, they are considered the next generation of “superfoods” or “functional foods”.

Materials and methods. Experiment were conducted at Dhanalakshmi Srinivasan university, samayapuram, Trichy during kharif season 2025 to study the individual and combined effects of organic manure and biofertilizers on microgreen growth and development. The details of the materials used and methodologies employed during the course of investigation are described in this chapter.

1. Plant materials. The investigation attempted the use of fenugreek seeds which are available in the local stores.

2. Place of experiment. The investigation was carried out in a 10 th floor lab of Dhanalakshmi Srinivasan university, Samayapuram.

3. Duration of the experiment. The investigation was carried out in July — August, 2025.

Methods. The experiment was carried out in a completely randomized block design with the seven treatments. The fenugreek seeds was taken for the research and was raised in a trays (30×20×7cm) using a mixture of seven different growing media.

1. Experiment details: Design – RCBD, replication – 3, treatment - 7

2. Treatment details:

T1 — Control (Soil collected from college campus)

T2 — Vermicompost alone

T3 — Vermicompost mixed with Biofertilizer (Azospirillum)

T4 — 250g of Soil + 750g of Biofertilizer mixed Vermicompost

T5 — 500g of Soil + 500g of Biofertilizer mixed Vermicompost

T6 — 750g of Soil + 250g of Biofertilizer mixed Vermicompost

T7 — 600g of Soil + 400g of Biofertilizer mixed Vermicompost

Results and discussion.

Influence of substrate growing media in growth and yield in microgreens

In fenugreek microgreens, the substrate combination of T4 resulted in the earlier development for cotyledon emergence and true leaf emergence, but it occurred earlier than in other treatments. Cotyledon emergence and true leaf emergence were observed in T4 at 2 and 7 days, respectively. Among the other treatments T1, T3 and T5 recorded the longest cotyledon emergence time of 5.0 days, while T1,T2, T5 and T6 showed the longest duration of 9.0 days for true leaf emergence. The results indicate that the T4 substrate combination, which includes 250g of Soil and 750g of Biofertilizer mixed

Vermicompost , promoted faster growth in fenugreek microgreens compared to the control and other treatments.



The early emergence of cotyledons and true leaves under T4 suggests that this substrate may provide optimal conditions for seedling development, possibly due to better water retention, aeration, or nutrient availability. In contrast, treatments like T1, T2, T3, T5, T6, and T7 exhibited longer durations for cotyledon and true leaf emergence, indicating that these substrates may not support rapid seedling growth as effectively. This highlights the importance of selecting appropriate growing media for different crops to maximize growth efficiency and yield.

TREATMENTS	COTYLEDON EMERGENCE (days)	TRUE LEAVES EMERGENCE (days)
T1 : S	5	9
T2 : V	4	9
T3 : V + B	5	8
T4:S(25 %) + VB(75 %)	2	7
T5:S(50 %) + VB(50 %)	5	9
T6:S(75 %) + VB(25 %)	4	9
T7:S(60 %) + VB(40 %)	3	8

(S — Soil, V — Vermicompost, B — Biofertilizer, VB — Biofertilizer mixed Vermicompost)

Among the treatments tested, the substrate combinations of T4 led to cotyledon emergence occurring in 2 days which is earlier than in other treatments. For the early emergence of true leaves, combinations such as T4 and T7 were particularly effective, facilitating true leaf emergence in microgreens at 2 and 7 days , 3 and 8 days, respectively. In terms of plant height, T4 produced the tallest microgreens, measuring 8.30 cm, followed closely by T7 at 7.67 cm and T1 at 7.21 cm. Regarding shoot length,

T4 and T7 promoted significant elongation. For root length, combinations such as T4, T7 and T1 facilitated notable growth, achieving lengths of 3.73, 3.27, and 3.04 cm, respectively. In terms of leaf area, nutrient-rich media like T4, T7 and T1 encouraged wider leaf areas, measuring 2.92, 2.57, and 2.24 cm² respectively. For fresh weight accumulation, T4, T7 and T1 were most effective. Lastly, regarding edible yield, T4, T7 and T1 resulted in higher yields.

Conclusion. In terms of leaf area, nutrient-rich media like T4, T7 and T1 encouraged wider leaf areas, measuring 2.92, 2.57, and 2.24 cm² respectively. For fresh weight accumulation, T4, T7 and T1 were most effective. Lastly, regarding edible yield, T4, T7 resulted in higher yields. 250g of Soil + 750g of Biofertilizer mixed Vermicompost and 500g of Soil + 500g of Biofertilizer mixed Vermicompost.

FACILITATING UKRAINE'S AGRICULTURAL LANDSCAPE

A. Onopchenko, Independent Researcher

Oslo, Norway

E-mail: onopchenko.alla@gmail.com

Ukraine possesses some of the planet's most fertile soils, Chernozem, which cover roughly sixty percent of its land area and hold about a quarter of the global reserves. Prior to 2022, the country was the leading exporter of sunflower oil and one of the world's key suppliers of maize and wheat [1]. The full-scale Russian invasion, however, has affected Ukraine's natural and built environment in such a way that, among others, it disrupted the global food supply chain and markets [2] and caused extensive military-induced contamination into agricultural lands. Such impacts lead to soil degradation, undermine soil productivity, allow toxic elements to enter food chains, and endanger both natural ecosystems and human well-being.

Beyond their ecological function, Ukrainian farmlands represent more than ecological systems. They are part of the "combined works of nature and humankind" recognized as cultural landscapes under the UNESCO World Heritage Convention [3]. Shaped through centuries of agricultural practice and coexistence with the natural environment, they represent a living expression of Ukraine's cultural and historical identity. The attack on these territories, therefore, constitutes not only environmental destruction but also a profound cultural loss.

This research project examines methods to restore and regenerate degraded soils, ensuring the long-term sustainability of Ukraine's agricultural landscape. It approaches the issue through the lens of food security, climate change, and social resilience, while also emphasizing the preservation of traditional ecological knowledge that has developed over centuries, connecting Ukrainians to their land. The study integrates interviews, system-oriented design, and research by design methods, utilizing visual

tools such as maps and diagrams, with a focus on the Poltava region as a case study. While exploring Poltava's environmental situation, both past and present, the project develops potential future scenarios that reveal the potential impacts of soil contamination on the region's future prospects. By examining the dynamics of living systems, the project identifies both the most desirable and the most undesirable futures. Focusing on the most desirable future scenario, it outlines strategies for soil remediation and integration of traditional landscapes and practices into everyday life, laying the groundwork for a pathway towards long-term environmental and social rehabilitation processes.

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (accessed 2024-12-01) Available from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
2. Arreyndip, Nkongho Ayuketang. *The Russia–Ukraine Conflict: A Global Impact Assessment in the Corn and Wheat Sectors*. Journal Agriculture, March 2025.
3. UNESCO, World Heritage Convention, (accessed 2025-06-20) Available from: <https://whc.unesco.org/en/conventiontext/>

УДК 631.58:631.15(477.75)

ГРУНТОВИЙ МІКРОБІОМ — ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКА В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Д. В. Баранський, старш. викладач,

М. П. Клипак, студент, Д. М. Ботош, студент

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З. Гжицького*

E-mail: dmytrotom916@gmail.com

У сучасних умовах інтенсивного землеробства та глобальних змін клімату проблема збереження і відновлення родючості ґрунтів набуває особливої актуальності. Одним із ключових чинників, що визначає стан і продуктивність агроєкосистем, є ґрунтова мікробіота — сукупність бактерій, грибів, актиноміцетів й мікоризних організмів, які беруть активну участь у трансформації органічної речовини, мінералізації поживних елементів та формуванні структури ґрунту. В умовах підвищення температури, нерівномірного розподілу опадів та частих посушливих періодів, роль мікробіоти стає ще важливішою, оскільки вона визначає здатність ґрунту зберігати вологу, підтримувати аерацію та забезпечувати доступність поживних речовин рослинам.

У проведених протягом 2023—2025рр дослідженнях вивчали особливості функціонування мікробіоти на темно-сірому опідзоленому ґрунті та її вплив на ріст і розвиток соняшнику, включно з оцінкою реакції на стресові умови, пов'язані з кліматичними змінами.

Дослідження проводили у польових умовах зони Лісостепу Західного на дослідному полі ННЦ «ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького» (м. Дубляни) з такими агрохімічними характеристиками: вміст гумусу — 2,3 %, азоту легкогідролізного — 115 мг/кг, рухомого фосфору — 90 мг/кг, обмінного калію — 100 мг/кг, рН сольової витяжки — 5,9. Схема досліду мала чотири варіанти:

1. Контроль (без обробки);
2. Біопрепарат на основі *Azotobacter chroococcum*;
3. Біопрепарат на основі *Bacillus subtilis*;
4. Комплексне інокуляція (*Azotobacter chroococcum* + *Bacillus subtilis* + мікоризний гриб *Glomus intraradices*).

Препарати вносили у насіннєве ложе під час сівби. Протягом вегетаційного періоду фіксували морфометричні показники рослин, біохімічні показники листків, а також активність мікробіологічних процесів у ризосфері соняшника. Також досліджували адаптаційні реакції рослин на періоди нестачі вологи та підвищення температури повітря.

Установлено, що внесення біопрепаратів позитивно впливало на загальну чисельність мікроорганізмів, зокрема азотфіксувальних і фосформобілізувальних бактерій. У фазі бутонізації їх кількість у ризосфері на варіантах з комплексною інокуляцією була на 42 % вищою порівняно з контролем. Активність ферментів дегідрогенази зросла в 1,6 раза, що свідчить про підвищення рівня біологічної активності ґрунту та стійкості мікробіоти до теплового та водного стресу.

Мікробна інокуляція позитивно позначилася і на ростових процесах рослин соняшника. У фазі цвітіння висота рослин на варіантах з *Bacillus subtilis* та комплексним консорціумом перевищувала контроль на 8—12 %, а площа листової поверхні на 15—18 %. Концентрація хлорофілу в листках, визначена приладом N-Tester™, збільшилася на 24—39 одиниць у порівнянні з необробленими рослинами, що свідчить про активізацію фотосинтетичної діяльності навіть за умов тимчасового дефіциту вологи.

Урожайність насіння соняшника істотно залежала від типу мікробної інокуляції. На контролі вона становила 3,15 т/га, тоді як за використання *Azotobacter chroococcum* — 3,35 т/га, *Bacillus subtilis* — 3,44 т/га, а за комплексного застосування бактерій та мікоризи — 3,68 т/га, що на 16,8 % більше від контролю. Водночас зріс уміст олії в насінні з 47,2 % до 48,9 %. Слід зазначити, що на варіантах із мікробною інокуляцією рослини краще переносили короткочасну посуху, демонструючи менші втрати листової маси та збереження фотосинтетичної активності.

Згідно з отриманими результатами, мікробіота ґрунту є важливим біологічним чинником підвищення продуктивності соняшника, що діє через

поліпшення трофічного режиму, стимуляцію ферментативних процесів та підвищення стійкості до абіотичних стресів.

Дослідження свідчать, що впровадження біологічних систем удобрення з урахуванням мікробіологічного потенціалу ґрунту є ефективним напрямом для сталого розвитку вітчизняного агровиробництва. Перспективним є подальше вивчення взаємодії різних штамів мікроорганізмів із соняшником, визначення оптимальних схем інокуляції та адаптація біотехнологічних підходів до умов різних ґрунтово-кліматичних зон України з урахуванням кліматичних ризиків.

УДК 631.452: 631.87: 631.95

ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ У ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ

*І. С. Броцак¹, к.с.-г.н., доцент, академік Інженерної академії України,
Н. І. Хомик¹, к.т.н., доцент, Б. І. Ориник², О. З. Бровко², Г. М. Дзяба²,
Л. С. Ковбасюк², С. М. Серединський²*

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Тернопільський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: univ@tntu.edu.ua; Terno_rod@ukr.net

Ґрунт — це повноцінна жива система, яка існує та розвивається за власними законами. Найголовнішою складовою здорового ґрунту є біологічна. Активна робота мікроорганізмів є головною ланкою утворення гумусу, а отже, підвищення родючості ґрунтів. Тобто потрібно збільшити кількість корисних мікроорганізмів введенням їх у ґрунт, забезпечивши умови їхнього оптимального функціонування.

У Тернопільській області останніми роками все більше використовують бактеріальні добрива. Одним із них є Біопрогрес — комплексне органічне біодобриво, вироблене з біогумусу (органічне добриво, яке є продуктом життєдіяльності дощових черв'яків) з додаванням мезоелементів природного походження.

Орган сертифікації ТОВ «Органік Стандарт» видав підтвердження для його використання в органічному сільському господарстві згідно зі Стандартом Міжнародних акредитованих органів сертифікації з виробництва та переробки, що еквівалентний регламентам Європейського Союзу.

Препарат виробляється ФОП «Гуйван М.Д.» (Тернопільська область, Чортківський район, село Добрівляни). У 2025 році ним вироблено 150 тонн біодобрива. Біопрогрес містить понад 200 штамів бактерій, гумати, фульвокислоти, вітаміни, природні фітогормони.

Препарат уже більше 20 років на ринку і з кожним роком його вдосконалюють. Останніми роками у його склад додано мікоризу, яка дозволила поліпшити засвоєння поживних речовин і збільшити посухостійкість рослин, що особливо актуально за існуючої зміни клімату.

У 2025 році препарат у області закупило 10 господарств. ТОВ «Агропродсервіс Інвест» (Тернопільський район, Тернопільська область, смт Козлів) вносив це бактеріальне добриво 5 років підряд. Два роки підряд вносили господарства ПАП «Дзвін» Чортківського району (пшениця озима, ячмінь, буряки цукрові, кукурудза, соя – по 30 л/га), ТДВ «Медобори» Тернопільського району (пшениця озима, ячмінь кукурудза, соя — по 25 л/га), ПАП «Славутич» Кременецького району (пшениця озима, ячмінь, кукурудза — по 25 л/га).

Вартість цього вітчизняного препарату 15 грн/л. За внесення 25—30 л/га затрати на це добриво становили всього лише 375—450 грн/га. У 2025 році господарство ПАП «Дзвін» закупило 50 т біодобрива (у 2024 р. — 100 т), решта господарств закупили по 15—20 тонн.

Найкращу ефективність препарат показав на таких культурах як соя, кукурудза, пшениця озима. У результаті його внесення врожайність сільськогосподарських культур зросла на 20—30 %. Використання Біопрогресу позитивно вплинуло на збільшення показників гумусу, макроелементів, рН.

Застосування біопрепарату дає змогу отримати екологічно безпечну сільськогосподарську продукцію, підвищити урожайність та поліпшити водно-фізичні властивості ґрунту, активізувати діяльність мікрофлори, а також зменшити ураження рослин основними хворобами.

УДК 631.5:631.4: 631.52

БІОЛОГІЗАЦІЯ ЗЕМЛЕРОБСТВА — ОСНОВА ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ЧЕРКАЩИНИ

В. Г. Демиденко, А. С. Мелешко, Ю. В. Мелешко, В. М. Романенко

Черкаський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона»

E-mail: Ellada.agro2025@ukr.net

Рациональне використання та збереження продуктивних і екологічних функцій ґрунтів — головна умова сталого розвитку і майбутнього України.

У Черкаській області станом на 01.01.2023 р. сільськогосподарських угідь налічувалося 1451,0 тис. га, в т. ч. 1271,3 тис. га ріллі. На еколого-стабілізуючі угіддя — луки, пасовища та перелоги - припадає 152,4 тис. га (10,5 %), що в 4 рази менше оптимального рівня. Через надмірну розораність земель 305,6 тис. га ріллі, або 26 % від її загальної кількості розміщено на схилах, а в Корсунь-Шевченківському, Городищенському, Лисянському та Смілянському районах 54,2; 47,3; 44,6 та 44,3 % відповідно. В середньому за рік на таких площах змивається до 15 т/га ґрунту, а втрати гумусу внаслідок водної ерозії досягають 0,35—0,51 т/га (П. Копитко, О. Геркіял, М. Недвига, 2002).

У 80-х роках минулого століття для припинення процесів водної ерозії ґрунтів та збереження їх родючості розроблено контурно-меліоративну систему землеробства і рекомендовано до впровадження постановою Ради Міністрів УРСР від 08.05.1990 № 107. Протягом 1986—1990 рр. Черкаська область досягла в землеробстві бездефіцитного балансу гумусу і поживних речовин завдяки освоєнню науково обґрунтованих сівозмін з часткою багаторічних бобових трав більше 10 %, вапнуванню щороку за кошти державного бюджету 122 тис. га кислих ґрунтів, внесенню 177 кг/га д. р. мінеральних та 11 т/га органічних добрив. Наступні аграрні реформи щодо переходу економіки до ринкових відносин та передачі землі у приватну і колективну власність призупинили фінансування державних програм збереження родючості ґрунтів. Наслідком реформ став занепад тваринництва, руйнація села та деградація ґрунтів.

Гумус — невід’ємна складова здорового та родючого ґрунту, а нетоварна частина врожаю, органічні добрива та сидерати є джерелом енергії для мікробіоти ґрунту, якій і належить провідна роль в його утворенні. У 1995 р. середньозважений вміст гумусу в ґрунтах Черкаської області становив 3,25 %, а за 20 років знизився до 2,97 %. Надходження нетоварної частини врожаю до ґрунту залежно від культури щороку становило 3,4—11,8 т/га, що еквівалентно 11,9—41,3 т/га напівперепрілого гною. Тому проблему дегуміфікації ґрунтів слід вирішувати шляхом зменшення непродуктивних втрат вуглецю під час мінералізації органічної речовини та створенням сприятливих умов для процесів гуміфікації.

В існуючих системах землеробства, на жаль, майже не береться до уваги біологічна суть виникнення родючості ґрунтів. Деградацію ґрунтів слід розглядати не тільки як наслідок дії факторів, що призводять до зниження вмісту гумусу та погіршення водно-фізичних властивостей, але й процесів, за яких у ґрунтах зводяться до мінімуму або зникають необхідні для гармонійного розвитку рослин мікроорганізми (В. Волкогон, 2001).

Сучасна концепція «Мікробного вуглецевого насоса» (Microbial Carbon Pump, MCP) доводить, що стабільний гумус утворився не з рослинних решток, що не піддалися кінцевій мінералізації, а є некротомасою тіл відмерлих мікроорганізмів. Тому падіння вмісту гумусу в ґрунтах є закономірним наслідком зменшення мікробної біомаси ґрунту.

Для збереження продуктивних і екологічних функцій ґрунтів необхідно: прийняти закон про охорону ґрунтів; оптимізувати співвідношення ріллі та луків і пасовищ, що сприятиме розвитку тваринництва та розширенню площ під багаторічними бобовими травами; дотримуватися технології використання рослинних решток і сидератів; проводити вапнування і вологозберігаючі технології обробітку ґрунту; відновити польові лісосмуги; вести книгу історії

полів; змінити споживацьке ставлення до ґрунту, лише як основного засобу виробництва та отримання прибутку; пам'ятати про ключову роль ґрунтової фауни для здоров'я ґрунту.

УДК 633.34:631.811.98:631.5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПЛИВУ ОРГАНІЧНОЇ ТА ПЕРЕХІДНОЇ ТЕХНОЛОГІЙ НА ГОСПОДАРСЬКІ ПОКАЗНИКИ СОЇ СОРТУ СУЗІР'Я

*О. І. Дребот, д.е.н., професор, академік НААН, О. В. Мельников, аспірант,
А. І. Медков, аспірант*

Інститут агроекології і природокористування НААН України

E-mail: drebot_oksana@ukr.net, alexej.mln@gmail.com a.medkow@gmail.com

Інноваційним та економічним напрямом підвищення продуктивності сої за переходу з традиційного до органічного землеробства є застосування біопрепаратів, створених на основі продуктів життєдіяльності грибів-мікроміцетів та ґрунтових мікроорганізмів. Їхнє застосування позитивно позначається на родючості ґрунтів, а створення симбіотичних зв'язків з культурною рослиною впливає на продуктивність посівів [1]. Зазначені сполуки здатні активізувати основні фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, проявляючи антистресові та імуностимулювальні властивості.

Метою досліджень було порівняти традиційні технології вирощування сої з перехідною технологією, яка передбачає адаптацію існуючих методів для відповідності вимогам екологічного виробництва, оптимізацію захисту посівів та поступову відмову від традиційних хімічних засобів. Також для порівняння досліджувалася органічна технологія вирощування сої, яка була відпрацьована в ході багаторічних досліджень Сквирською дослідною станцією [2], та органічна технологія з використанням додаткових біологічних препаратів.

Дослід з ефективності використання препаратів на сої сорту Сузір'я проводили на полі № 1 наукової сівозміни Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАП НААН.

Досліджувані технології вирощування сої:

1. Органічна технологія.
2. Органічна технологія + біопрепарати. Ця технологія передбачає обробку насіння комплексом дозволених в органічному виробництві препаратів (далі — Біокомплекс): Ековітал Соя (1,0 л/т), Аверком Н (0,2 л/т), Фітовіт (0,1 л/т), Споразин (1,0 л/т), Біостимікс Насіння (1 л/т), біостимулятор Регоплант (0,25 л/т), ЕПАА-10 (0,25 л/т), а також позакореневе застосування у фазі бутонізації препаратів Фітовіт (0,05 л/га), Аверком Н (0,2 л/га), Споразин (1,5 л/га), Біостимікс Стандарт (0,5 л/га), ЕПАА-10 (0,52 л/га), Регоплант (0,05 л/га), у фазі формування бобів вдруге вносили біостимулятор Регоплант (0,05 л/га).

3. Традиційна технологія. Протруєння насіння хімічними препаратами. Сівба з внесенням комплексу NPK Нітроамофоска 16-16-16 — 80 кг/га. У фазі 2—3-х справжніх листочків вносили гербіциди проти дводольних — Базагран та проти злакових — Фюзілад Форте. Після внесення гербіциду через 6—7 діб було внесено карбамід (10 кг/га), Ярило Бор (0,5 л/га), Ярило Молібден (0,3 л/га), сульфат магнію (5 кг/га), інсектицид та фунгіцид. Повторно цей комплекс препаратів внесено у фазі бутонізації (крім інсектициду та фунгіциду).

4. Перехідна технологія. Перед сівбою — поліпшувач ґрунту БіоСтимікс (2 л/га); КАС — для активації мікробіоти (10 л/га). Обробка насіння Біокомплексом. Внесення ґрунтового гербіциду Гезагارد до сходів разом з Фітовітом (0,05 л/га), Аверкомом Н (0,05 л/га), ЕПАА-10 (0,4 л/га). У фазі бутонізації вносили карбамід (5 кг/га), Ярило Бор (0,5 л/га), Ярило Молібден (0,3 л/га), сульфат магнію (5 кг/га), Фітовіт (0,05 л/га), Аверком Н (0,2 л/га), Споразин (1,5 л/га), Біостимікс Стандарт (0,5 л/га), ЕПАА-10 (0,5 л/га), Регоплант (0,05 л/га). У фазі формування бобів вносили всі названі вище препарати разом з Інсектуріном (1 л/га).

Дослід закладено в оптимальні строки для сівби в органічному виробництві (сівбу здійснили 21 травня). Поява перших сходів зафіксована 30 травня, масові сходи — 3 червня.

Спостерігали відмінність за інтенсивністю дозрівання. У варіанті з органічною технологією станом на 22 серпня зафіксована відсутність рослин із жовтими листочками, колір рослин на ділянці був інтенсивно-зелений. На ділянці з органічною технологією + біопрепарати кількість таких рослин була невелика, на інших двох варіантах кількість таких рослин вже становила 10—15 %, колір був зелено-жовтим. Настання технічної стиглості на ділянці з органічною технологією зафіксовано 17 вересня, водночас на інших трьох ділянках така фаза розвитку була визначена на 3—6 днів раніше. Суттєву відмінність за фазами розвитку між ділянками почали спостерігати ще у фазі масового цвітіння.

Застосування досліджуваних технологій на сої сорту Сузір'я не забезпечило суттєву перевагу по врожайності (табл. 1).

Таблиця 1

Основні економічні показники виробництва сої за різних технологій вирощування

Технологія вирощування	Врожайність, т/га	Виробничі витрати, грн/га	Вартість продукції, грн/га	Чистий прибуток, грн/га, %	Собівартість продукції, грн/т	Точка беззбитковості, т/га
Органічна	2,88	20300	46080	25780 (+10,7 %)	7048	1,26
Органічна + біопрепарати	2,92	22500	46720	24220 (+4,04 %)	7705	1,40
Традиційна	3,18	27600	50880	23280	8679	1,73
Перехідна	2,98	23800	47680	23880 (+2,57 %)	7986	1,49

Враховуючи зменшення виробничих витрат, а саме витрат на добрива, засоби захисту рослин та паливо, при застосуванні в перехідній та органічній технологіях було отримано чистий прибуток на 2,5 % та 10,7 % відповідно більше у порівнянні із традиційною технологією вирощування сої. Точка беззбитковості в органічній технології становила 1,26 т/га, перехідній — 1,49 т/га, у традиційній — 1,73 т/га.

Література

1. Елементи біологізації в рослинництві : рекомендації виробництву (монографія). Карпенко В. П., Полторецький С. П., Притуляк Р. М. та ін. / За ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 112 с.

2. Звіт про НДР «Дослідження ефективності впливу комплексу біологічних препаратів на господарські властивості сої та соняшника за традиційною та органічною технологіями», Інститут агроєкології і природокористування НААН, Сквирська дослідна станція органічного виробництва, Сквиря, 2024.

УДК 631.147:631.95:633.1

СИДЕРАЛЬНІ КУЛЬТУРИ В ОРГАНІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*О. О. Іжболдін, к.с.-г.н., доцент, О. В. Бондаренко, к.с.-г.н., доцентка,
Н. Л. Ноздріна, к.с.-г.н., доцентка, А. С. Готвянська, к.с.-г.н., доцентка
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна
E-mail: izhboldin.o.o@dsau.dp.ua*

Сидеральні рослини вирощують у сівозміні для накопичення поживних речовин, які у подальшому будуть використані основною культурою. Як сидеральні культури можна використовувати гірчицю білу, жито озиме, гречку, ріпак, редьку олійну, суріпицю, овес з фацелією, люпин синій, вику, конюшину, люцерну, сочевицю, чину, сою, горох, нут тощо

Сидерати відіграють важливу роль у підтримці екологічного балансу агрофітоценозів. Їх вирощують між основними культурами в сівозмінах, де вони виконують такі функції: затіняють ґрунт, стримують ріст бур'янів, виступають як природні санітари, запобігають водній та вітровій ерозії, підвищують біологічну активність ґрунту, поліпшують його агрохімічні та водно-фізичні характеристики, а також структуру. Завдяки сидератам, підвищується якість наступних культур у сівозміні.

Одним із основних шляхів збільшення надходження біологічного азоту є використання бобових сидератів, як проміжних культур, що не займають окремих площ. Післяжнивні сидеральні культури суттєво знижують засміченість насінням

бур'янів полів, що дозволяє значно зменшити використання хімічних засобів захисту рослин.

Використання сидеральних післяжнивних культур, як альтернативи традиційному удобренню в органічному виробництві, є особливо ефективним у зонах із достатнім рівнем зволоження. Такі культури допомагають мінімізувати негативний вплив попередніх посівів та забезпечують фітосанітарний ефект. Зелена маса сидератів завдяки високому вмісту вологи швидко розкладається в ґрунті, виділяючи азот, що дає їй перевагу над традиційним підстилковим гноєм. Найкращими сидератами є бобові культури, які можна висівати після збирання однорічних трав, ранніх зернових чи олійних культур (ячменю озимого, ріпаку озимого) або на площах, де зібрано озимі зернові до середини літа. Для цього часто обирають такі бобові: горох, пелюшку, люпин, вику, боби. Вказані культури можуть забезпечити високий рівень врожайності зеленої маси — понад 10 т/га. Вони збагачують ґрунт азотом, допомагають поліпшити структуру ґрунту, зменшують ерозію, пригнічують бур'яни та сприяють кращому засвоєнню фосфору і калію, які раніше були важкодоступні для рослин.

Також відомим сидератом є гірчиця біла, що належить до швидкоростучих капустяних культур. Сидеральне вирощування гірчиці за ефективністю часто порівнюють із внесенням перегною. Вона позитивно впливає на структуру ґрунту, збагачуючи його не лише органічними речовинами, а й мінеральними сполуками. Це зумовлено здатністю її кореневої системи розчиняти і поглинати важкодоступні поживні елементи, які інші рослини засвоїти не можуть. Також гірчиця сприяє зменшенню чисельності ґрунтових шкідників і патогенних грибів, тим самим поліпшуючи фітосанітарний стан ділянки.

До сидератів можна віднести і фацелію — медоносну культуру з визнаними фітосанітарними властивостями. Фацелія має низькі вимоги до ґрунтової родючості, тому її вирощують на деградованих ґрунтах. Ця рослина вигідно вирізняється розгалуженою кореневою системою, яка здатна проникати в глибші шари ґрунту, отримуючи поживні елементи, а потім переносити їх ближче до поверхні, де вони стають доступними для наступних культур через залишки рослин або мульчування. Фацелія широко застосовується як проміжна культура у сівозміні, особливо на полях, де вирощують ріпак. Вона є відмінним попередником для зернових і коренеплодів.

Отже, сидерати являють собою економічно вигідний спосіб підвищення родючості ґрунту та забезпечення наступних культур необхідними поживними речовинами в органічному виробництві.

**ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ТОЛЕРАНТНОСТІ РОСЛИН ІНДЕТЕРМІНАНТНИХ ГІБРИДІВ ТОМАТУ
ДО ПОСУХИ ТА ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

М. М. Ковальов, к.с.-г.н., доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет,

м. Кропивницький, Україна

E-mail: kovalovmm@kntu.kr.ua

В умовах глобальних кліматичних змін проблема адаптації сільськогосподарських культур до абіотичних стресів набуває критичного значення. Посуха та підвищені температури спричиняють значні втрати врожаю, що загрожує продовольчій безпеці. За прогнозами, до 2050 року температура повітря підвищиться на 2—4 °С, а кількість опадів зменшиться на 10—15 % у багатьох регіонах.

Біопрепарати на основі мікроорганізмів представляють собою екологічно безпечну альтернативу хімічним засобам захисту рослин. Особливу увагу привертають ЕМ препарати (ефективні мікроорганізми), що містять консорціуми корисних бактерій, дріжджів та актиноміцетів. ЕМ технологія, розроблена професором Тєруо Хіґа, містить понад 80 видів мікроорганізмів, які синергічно поліпшують ґрунтову екосистему, активізують метаболічні процеси рослин та підвищують їх адаптивний потенціал. Застосування ЕМ препаратів дозволяє формувати стійкі симбіотичні зв'язки між мікроорганізмами та кореневою системою, що критично важливо для виживання рослин в стресових умовах.

Метою дослідження було визначити ефективність застосування ЕМ препаратів у поєднанні з іншими біопрепаратами для підвищення толерантності сільськогосподарських культур до посухи та високих температур, встановити оптимальні концентрації й способи внесення для максимального захисного ефекту.

Дослідження проводили на індетермінантних гібридах томату виробництва Ergon Seeds (Голландія) — Пінк Делайт *F1* та Ронда *F1*. Використовували ЕМ препарат «ЕМ Агро» (розведення 1:1000, 1:500), біозахисний препарат «ЕМ 5», біобактеризатор *Azotobacter vinelandii*, а також комплексні препарати з амінокислотами та фітогормонами. Обробку насіння проводили за 24 години до посіву, позакореневе підживлення — у фазу 3—4 справжніх листків та бутонізації. Стресові умови моделювали в кліматичних камерах за температурі 38—42 °С та вологості ґрунту 30—40 % від ПВ протягом 14 днів. Контролювали

водний потенціал листків, активність антиоксидантних ферментів, уміст осмолітів, параметри фотосинтезу та біомасу рослин.

Дослідженням встановлено, що застосування ЕМ препарату «ЕМ Агро» у концентрації 1:500 забезпечило найвищий ефект, а саме:

- поліпшення водного режиму: водний потенціал листків підвищився на 0,3—0,4 МПа, відносний вміст води залишався на рівні 78-82% навіть за умов стресу, що на 12—15 % перевищувало контроль.

- активацію антиоксидантного захисту: активність каталази зросла у 2,2 раза, аскорбатпероксидази — у 1,8 раза, вміст малонового діальдегіду знизився на 35 %, що свідчить про ефективний захист від окисного стресу.

- стабілізацію фотосинтетичного апарату: коефіцієнт максимальної квантової ефективності ФС II (F_v/F_m) становив 0,78—0,8 проти 0,65 у контролі, швидкість CO_2 -газообміну знизилася лише на 15 % проти 45 % у необроблених рослин;

- накопичення захисних метаболітів: концентрація проліну збільшилася у 2,5 раза, бетаїну — у 1,9 раза, розчинних цукрів — на 28 %, що забезпечило ефективну осморегуляцію.

Комбіноване застосування ЕМ препарату з «ЕМ 5» підтвердило синергічний ефект: урожайність гібридів томату знизилася лише на 8—12 % за умов стресу проти 38—42 % у контролі, сира біомаса рослин зберігалася на рівні 88—92 % від оптимальних умов. Гібрид Пінк Делайт *F1* виявив більшу стійкість до теплового стресу, тоді як Ронда *F1* краще переносив водний дефіцит.

Висновок. ЕМ препарати виявилися високоефективними у підвищенні толерантності рослин до абіотичних стресів завдяки комплексному впливу на фізіолого-біохімічні процеси та формування стійкої ризосферної мікробіоти. Оптимальна концентрація «ЕМ Агро» становить 1:500 для оброблення насіння та позакореневого підживлення. Найбільший захисний ефект досягається за комбінованого застосування «ЕМ Агро» з препаратом «ЕМ 5» на ранніх етапах розвитку рослин. Впровадження ЕМ технологій у систему захисту сільськогосподарських культур є перспективним напрямом підвищення продуктивності рослинництва в умовах кліматичних змін та зменшення використання хімічних стимуляторів.

УДК: 606:631.879

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИГЕСТАТУ ЯК ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА

С. Г. Корсун, д.с.-г.н., старш. наук. співроб.,

Ю. П. Борко, к.с.-г.н., старш. наук. співроб., В. В. Болоховський, к.с.-г.н.

ТОВ «ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ»

E-mail: korsuns@i.ua; borko@btu-center.com; vlad@btu-center.com

Одним з важливих трендів розвитку сучасної енергетики у світі є добування біогазу з будь-яких місцевих природних ресурсів органічного походження, серед яких відходи тваринництва та переробної промисловості, рослинні рештки, а подекуди стічні води та тверді побутові відходи.

За даними Біоенергетичної асоціації України (UABIO) у 2025 році в Україні діяло 85 біогазових установок, а кількість отриманого у 2024 році газу сягала 260 млн м³. Як і будь-яке виробництво, добування біогазу супроводжується накопиченням відходів, що потребують утилізації. Залишок виробництва біогазу з органічної маси називають дигестатом. Відомо, що орієнтовна кількість побічних відходів від роботи станції потужністю 2 МВт становить близько 200 м³ на добу, а за існуючих потужностей в Україні отримують близько 2 млн т дигестату в рік.

Науковцями Національного університету біоресурсів і природокористування України, Поліського національного університету, ННЦ «Інститут землеробства НААН» та інших дослідницько-освітніх установ доведено можливість застосування дигестату як добрива, а з 2022 року цей продукт законодавчо визнаний як органічне добриво, що може використовуватися без обмежень. Втім слід зважати, що дигестат кожної окремої біогазової установки — це окреме добриво, яке має свій унікальний склад органічних речовин і хімічних елементів.

За спостереженнями дослідників ТОВ «ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ» дигестати, отримані на біогазових установках з такої сировини як силос кукурудзи, курячий послід, залишки рослинництва, мали високий вміст поживних елементів і є цінним органічним добривом та можуть мати меліоративний вплив на кислих ґрунтах. У твердій фракції дигестату містилося близько 1,11—1,25 % азоту, 0,65—1,91 % фосфору, 0,59—0,73 % калію. Рідка фракція мала нижчу концентрацію нутрієнтів — 0,68—1 %, 0,36—0,41 %, 0,61—0,78 % відповідно. Дигестати є також джерелом повернення в ґрунт винесених з урожаєм мікроелементів. Залежно від сировини кількість міді в них була на рівні 0,9—17,0 мг/кг, цинку — 4,8—45,0 мг/кг, марганцю 112—316 мг/кг. А вміст важких металів не перевищував меж, встановлених для побічних продуктів за виробництва біогазу у країнах групи IEA Bioenergy Task, і не мав значного токсикологічного навантаження в агроценозі.

Утім привертає увагу низька кількість агрономічно цінної мікробіоти в дигестатах. Нами було виявлено дуже бідну заселеність амілолітиками, олігонітрофілами, оліготрофами, педотрофами, мобілізаторами органічних та мінеральних фосфатів, бактеріями, що трансформують гумусові сполуки, целюлозоруйнівними мікроорганізмами та актиноміцетами. Лише кількість амоніфікаторів була середньою. Позитивним моментом є повна відсутність у дигестатах мікроміцетів, що є патогенами рослин, але і загальна кількість грибів була дуже низькою: у твердій фракції близько 3,32, у рідкій — 0,94 тис. КУО/г.

Отримані результати свідчать, що дегестати, попри високий вміст біогенних елементів, є збідненими мікробіотою, характерною для ґрунтового середовища, а це знижує їхню ефективність. У 2020—2025 рр. нами проведено серію вегетаційних дослідів і встановлено, що додавання біологічних препаратів під час внесення дигестату позитивно впливало на розвиток тест-культури кукурудзи. Завдяки доповненню 5 т/га дигестату біопрепаратом Компоназа у дозі 3 л/га чи Екостерн у дозі 2 л/га (виробник ПП «БТУ-Центр») вже на перших етапах розвитку рослин кукурудзи (ВВСН 13) отримано збільшення потужності фотосинтетичного апарату рослин на 6—10 %.

Отже, використання дигестату у поєднанні з мікробіологічними препаратами є перспективним напрямом підвищення ефективності органічного удобрення, забезпечення сталого використання побічних продуктів біоенергетики та поліпшення родючості ґрунтів.

УДК 631.41:631.95

ВПЛИВ СИДЕРАЦІЇ НА ВМІСТ БІЛКА В ЗЕРНІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Ю. А. Кравчук, аспірант, А. М. Ліщук, д.с.-г.н., старш.наук.співроб.,

І. М. Городиська, к.с.-г.н., старш.наук.співроб.

Інститут агроєкології і природокористування НААН

E-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com

В умовах органічного землеробства заборона застосування синтетичних хімічних добрив та засобів захисту рослин вимагає пошуку ефективних та сталих агротехнічних прийомів, здатних забезпечити належну продуктивність і якість органічної продукції [1]. За цих обставин сидерація (зелене добриво) є єдиним біологічним джерелом поповнення ґрунту азотом та органічною речовиною, а також для стабілізації синтезу білкового комплексу зерна. Ефективний вибір сидерального попередника має важливе значення для забезпечення економічної життєздатності органічних господарств та їхнього потенціалу вирощувати пшеницю озиму високої якості зі стабільним умістом білка та клейковини [2].

Метою дослідження є аналіз впливу сидеральних культур на вміст білка в зерні пшениці озимої в умовах органічного виробництва.

Дослідження проведено упродовж 2024-2025 рр. на дослідному полі ДГ «Сквирське» Інституту агроєкології і природокористування НААН в умовах Правобережного Лісостепу України. Ґрунт — чорнозем типовий. Схема досліду містила використання сидеральних культур: горох на зерно (товарний посів), горох, ви́ка яра, редька олійна, гірчи́ця жовта, розторопша плямиста.

Аналіз засвідчив значну варіативність цього показника залежно від типу попередника та погодних умов року. Встановлено, що в більш сприятливому за погодними умовами 2024 році, вміст білка в зерні пшениці озимої у більшості варіантів з сидератами був вищим, ніж у 2025 році (рис.1).

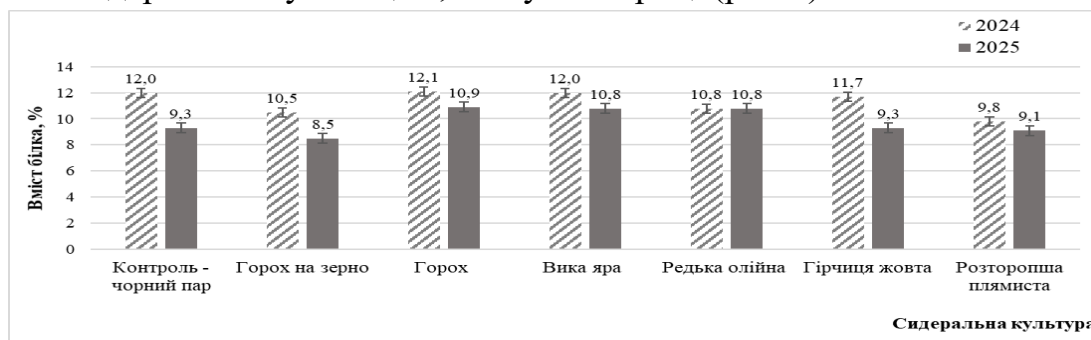


Рис. 1. Вплив сидеральних культур на вміст білка в зерні пшениці озимої

Максимальний вміст білка в зерні пшениці озимої в обидва роки забезпечив варіант з горохом на сидерат (12,1 % у 2024 р. та 10,9 % у 2025 р.). Схожий результат отримано у варіанті з ви́кою ярою (12 % і 10,8 % відповідно). Застосування сидерату редьки олійної забезпечило стабільний вміст білка (10,8 %) в зерні пшениці озимої в обидва роки. Натомість, у варіанті з гірчицею жовтою цей показник різко знизився у 2025 році (9,3 %) до рівня контролю.

Нижчі показники білка в зерні пшениці озимої встановлено в обидва роки досліджень у варіантах з горохом на зерно (10,5 % у 2024 р. і 8,5 % у 2025 р.) та розторопшею плямистою на сидерат (9,8 % і 9,1% відповідно). Зниження білка на 0,8 % відносно контролю у 2025 р. після гороху на зерно підтверджує виснаження ґрунту через винесення поживних речовин із товарним урожаєм.

Отже, використання бобових сидератів (зокрема гороху та ви́ки ярої) є найбільш надійним та ефективним інструментом в органічному землеробстві для стабілізації та підвищення якісних показників зерна пшениці озимої. Їх використання забезпечує пролонговане біологічне азотне живлення, що гарантує високий та стабільний вміст білка в зерні пшениці озимої.

Література

1. Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bowyer, J. (2023). Regenerative agriculture – A literature review on the practices and mechanisms used to improve soil health. *Sustainability*, 15(3), 2338.
2. Wagg, C., van Erk, A., Fava, E., ... & Mills, A. (2021). Full-season cover crops and their traits that promote agroecosystem services. *Agriculture*, 11(9), 830.

**НОВИЙ СПОСІБ ПЕРЕВЕДЕННЯ В ЧОРНОЗЕМАХ ЗВИЧАЙНИХ
ВАЛОВИХ ФОРМ ФОСФОРУ В РУХОМІ**

*С. М. Крамарьов¹, д.с.-г.н., професор, Л. П. Бандура¹, к.с.-г.н., доцент,
С. В. Фролов¹, Алиейх Салех Расстам Ібрагім¹, О. С. Крамарьов², к.е.н.*

¹Дніпровський державний аграрно-економічний університет

²Державна установа «Інститут зернових культур НААН»

E-mail: kramarov.s.m@dsau.dp.ua

Парадокс фосфору полягає в тому, що за наявних відносно великих запасів у чорноземах звичайних валового фосфору, у ньому знаходиться обмаль його рухомих форм. У такому випадку валовий вміст фосфору у ґрунті ще не говорить, якою мірою забезпечено постачання рослинам аніону H_2PO_4 . Із наявного валового запасу в ґрунті фосфору лише дуже невелика його частина перебуває у засвоюваній для рослин формі. За наявності в одному кілограмі чорнозему звичайного 1060 мг валового фосфору з нього переходить у витяжки рухомого фосфору в основному невелика кількість. Зокрема, кількість рухомого фосфору, визначена за методами Чирикова, становить 107 мг/кг, за Олсеном — 2,5 мг/кг, а за Карпінського — Зам'ятиної в ґрунтовому розчині виявлено всього лише 0,06 мг/л. Виконані дослідження засвідчили, що кількість фосфору, яка переходить у витяжки (% від валового) за методом Чирикова становить 5,1 %, Мачигіна — 1,2, Кірсанова — 8,1, Енгера Рима — 3,4, Трюга — 6,8 %, Гінзбург — 8,1 %. А водорозчинні найбільш доступні рослинам фосфорні речовини присутні в ґрунті у дуже малій кількості (у водній витяжці міліграми або навіть долі міліграма на 1 кг ґрунту). Вони є найбільш легко засвоюваними і для рослин і для ґрунтових мікроорганізмів і тому насамперед піддаються перетворенню в органічні форми. Значного нагромадження в ґрунті водорозчинних фосфатів не може бути й тому, що в ньому відбувається вторинне утворення малорозчинних речовин ортофосфорної кислоти з кальцієм та магнієм. Важлива роль фосфору в житті рослин загально відома. Особливо сильна потреба в цьому елементі мінерального живлення рослин виникає в початкових фазах онтогенезу, коли проросток вже повністю вичерпує всі свої наявні запаси в ендоспермі або сім'ядолях насінини фосфору у вигляді орґано-мінеральної речовини фітину, а коренева система ще слабо розвинена і неспроможна поглинати в достатній кількості фосфору з ґрунтового розчину. Отже, актуальним є питання оптимізації фосфорного живлення рослин різних сільськогосподарських культур.

Методи проведення досліджень. Дослідження проводилися впродовж 2016—2026 рр. в умовах польових дослідів в навчально-науковому дослідному центрі Дніпровського державного аграрно-економічного університету в посівах районованих сортів і гібридів трьох сільськогосподарських культур: ячменю

озимого, пшениці м'якої озимої та соняшника. В польових дослідях вивчалася ефективність припосівного рядкового внесення дозою P_{10} різних видів простих фосфорних, твердих та рідких комплексних добрив, бактеріального добрива Поліміксобактерину, а також нітроамофоски просоченої Поліміксобактерином і нового органо-мінерального добрива Вітастар РК+S. У відібраних зразках ґрунту і рослин фосфор визначали за загально прийнятими стандартизованими методиками.

Результати досліджень. Проведені дослідження переконливо показали, що за рядкового внесення твердих добрив за сівби всіх трьох сільськогосподарських культур вони не повною мірою використовуються рослинами, а штами бактеріального добрива Поліміксобактерин добре переводять валові форми фосфору в рухомі лише в тому випадку, коли це добриво знаходиться у вологому ґрунті. Також виявлено пригнічення розвитку фосфромобілізуєчих мікроорганізмів Поліміксобактерину аборигенними ґрунтовими бактеріями. Найбільш ефективним виявилось нове органо-мінеральне добриво Вітастар РК+S, яке містить у своєму складі поживне середовище для розмноження аборигенних фосфромобілізуєчих мікроорганізмів, здатних своїми ексудатами переводити валові форми фосфору в рухомі і завдяки цьому оптимізувати фосфорне живлення рослин сільськогосподарських культур на початку їх онтогенезу.

УДК:663.17:631.559:621.039.542.3

СОРГО У БІОЕНЕРГЕТИЦІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

*М. Г. Носов, к.с.-г.н., О. В. Яланський, к.с.-г.н.,
Державна установа «Інститут зернових культур НААН», м. Дніпро
E-mail: maksimnosov0102@gmail.com, alexander.yalansky@gmail.com*

Нині значна частина сільськогосподарських угідь в Україні виведена із традиційних сівозмін через забруднення важкими металами, засолення чи деградацію ґрунтів. Такі території часто представлені глиноземами або малопродуктивними землями, що втратили природну родючість. Освоєння цих площ передбачає не лише виробництво біомаси для біоенергетичних потреб, а й екологічну рекультивацію, поліпшення стану довкілля та створення нових робочих місць. Відновлення родючості деградованих ґрунтів є тривалим процесом (від 30 до 100 років) залежно від ступеня їх пошкодження. У контексті зростаючого попиту на відновлювані джерела енергії особливої актуальності набуває формування науково обґрунтованої системи виробництва біомаси. Попри уявну невичерпність біоенергетичних ресурсів, їх використання повинно здійснюватися раціонально, щоб уникнути виснаження головного ресурсу —

землі. Адже наслідки деградації ґрунтів можуть бути значно серйознішими, ніж дефіцит традиційних енергоносіїв.

Для ефективного використання угідь з метою стабільного виробництва біомаси необхідно запроваджувати біоенергетичні сівозміни, що включають різні злакові та бобові культури. Серед таких культур особливе місце займає сорго, яке поєднує високу врожайність із стійкістю до несприятливих умов середовища та значним потенціалом утворення біомаси. Рослини сорго характеризуються високорослістю (понад 3 м), середньою кущистістю (2—3 стебла) та соковитими стеблами, що накопичують до 18 % цукрів. Вегетаційний період становить 110—160 днів. Культура вирізняється високою стійкістю до основних хвороб (сажка, бактеріоз), шкідників (попелиця) і добре переносить короткочасне зниження температури на ранніх етапах розвитку. За достатнього рівня зволоження врожайність зеленої маси гібридів сорго може коливатися від 40,8 до 106,9 т/га, залежно від сортових особливостей і густоти стояння рослин [1—3].

Дослідження підтверджують високу енергетичну ефективність сорго. Із зеленої маси або силосу отримують біогаз, із зерна та соку стебел — біоетанол, а із сухої маси — тверде біопаливо. За енергетичною цінністю біогаз із сорго майже не поступається кукурудзяному, водночас технологія його вирощування потребує менших матеріальних витрат і ресурсів [4].

Серед основних екологічних переваг сорго — здатність інтенсивно засвоювати вуглекислий газ, що сприяє зменшенню викидів парникових газів. Потужна коренева система культури сприяє поліпшенню структури ґрунту, підвищенню його водопроникності та біологічної активності, що робить сорго ефективним інструментом рекультивації деградованих земель. Використання сорго у біоенергетичному виробництві дозволяє зменшити залежність від викопного палива, підвищити енергетичну автономність регіонів і сприяє формуванню сталої моделі агроенергетичного розвитку, орієнтованої на екологічну безпеку та економічну ефективність [5].

Сорго — перспективна культура для біоенергетики України, що поєднує високу продуктивність, екологічну цінність і невибагливість до умов вирощування. Його застосування сприяє розвитку сталої енергетики, поліпшенню стану ґрунтів і формуванню ефективної системи використання земельних ресурсів у техногенних регіонах.

Література

1. Ганженко, О. М. (2021). Продуктивність рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* L.) залежно від елементів технології вирощування на біопаливо в зоні недостатнього зволоження Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and protection*. Т. 17. № 3. С. 240—247. doi:10.21498/2518-1017.17.3.2021. 242 978.

2. Яланський, О. В., Серeda, В. І. (2015). Перспективні гібриди сорго цукрового. *Бюлетень ДУ «Інститут сільського господарства степової зони НААН»*, № 9. С. 99—104.

3. Яланський, О. В., Серeda, В. І. (2016). Сорго економіко-енергетичний ресурс для виробництва біоетанолу. *Бюлетень ДУ «Інститут сільського господарства степової зони НААН»*, № 11. С. 96—103.

4. Серeda, В. І., Яланський, О. В., Самойленко, А. Т. (2011). Селекція цукрового сорго для фітоенергетики. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошувальне землеробство»*, Вип. 56. С. 246—250.

5. Сорго: технологія, переробка, використання, насінництво та селекція : каталог гібридів та сортів / Черчель В. Ю., Дзюбецький Б. В., Яланський О. В. та ін. ДУ «Інститут зернових культур НААН». Дніпро, 2023. 68 с. https://market.institut_zerna.com/documents/2023_sorgo_tehnologiya_pererobka_vikoristannya_2410_2023.pdf

УДК 631.47:338.43:379.8

ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ: РЕГЕНЕРАТИВНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО, ЛЮДСЬКА РЕАБІЛІТАЦІЯ ТА СОЦІАЛЬНЕ ПІДПРИЄМНИЦТВО

М. Ф. Плотнікова, к. е. н., доцент, Н. Б. Опанасик, магістрант

Поліський національний університет, м. Житомир

E-mail: mfplotnikova@gmail.com

Ґрунт — це не лише середовище для вирощування рослин, це основа продовольчої безпеки, кліматичної стабільності та соціального добробуту. За даними FAO, понад 33 % світових ґрунтів деградовані. В умовах війни, урбанізації та кліматичних змін Україна стикається з викликами відновлення родючості, водного балансу та біорізноманіття. Земля та її люди — це найбільший скарб України. Здоров'я землі — це здоров'я Людини. Забезпечення формування засад стійкості та спроможності неможливе без досягнення фізичної та психологічної реабілітації людини. Відновлення деградованих ґрунтів — це не лише аграрна, але й економічна, екологічна та соціальна необхідність, особливо в регіонах, що постраждали від конфліктів та екологічних криз. Регенеративне землеробство (РЗ), посилене пермакультурним дизайном, є оптимальною парадигмою для цього, забезпечуючи циркулярну економіку живого ґрунту та паралельний фізико-психологічний терапевтичний ефект для населення. Регенеративне землеробство, тісно пов'язане з принципами пермакультурного дизайну, технологіями біочар та грядками Розума, постає не просто як набір агротехнік, а як цілісна парадигма співпраці з природою, яка має значний потенціал у контексті міжнародної допомоги та реабілітаційних програм, зокрема в Україні. Інноваційні підходи до практики регенеративного відновлення ґрунту та фізико-психологічної реабілітації ветеранів ЗСУ, членів їх сімей, ВПО

реалізовано на базі екологічних на родових поселень України. Практична діяльність у сфері регенеративного землеробства та пермакультурного дизайну має доведений терапевтичний ефект, який є критично важливим в умовах сучасних викликів, зокрема для населення України, що пережило травми війни. Садівництво як терапія є визнаним світовим підходом, який особливо актуальний для реабілітації населення, що пережило травми (табл. 1). Міжнародна співпраця спрямована на комплексну підтримку — від розчищення і детоксикації земель до фінансової й освітньої допомоги.

Таблиця 1

Досвід регенеративного відновлення ґрунту та людини

Аспект	Механізм терапевтичного ефекту	Досвід України та світу
Психологічне відновлення	Відновлення контролю та надії: концентрація на циклі росту рослин, від насінини до врожаю, дає відчуття досягнення та передбачуваності, протидіючи відчуттю хаосу та безсилля, спричиненого травмою	Ветеранські реабілітаційні центри у США та Ізраїлі активно використовують роботу на землі для лікування ПТСР
Нейрон-біологічний ефект	Зниження стресу (кортизол): фізична праця на свіжому повітрі та контакт з ґрунтовою бактерією <i>Mycobacterium vaccae</i> стимулюють виділення серотоніну та дофаміну, знижуючи рівень стресових гормонів	Дослідження в Нідерландах та Великобританії підтвердили, що робота в саду знижує рівень кортизолу ефективніше, ніж інші види відпочинку
Соціальна інтеграція	Відновлення спільноти: спільна праця в громадських садах або екопоселеннях відновлює довіру, руйнує соціальну ізоляцію та створює соціальний капітал, критичний для постконфліктного суспільства	Проекти громадських садів та екопоселень в Україні (особливо для ВПО) стають центрами соціальної адаптації та психологічної стійкості
Напрями міжнародної підтримки: 1) блокчейн-фінансування — залучення міжнародних інвестицій через токенизацію (оцифрування) біокредитів (карбону, біорізноманіття) на платформах на кшталт Regen Network, що забезпечує прозоре фінансування фермерів, які використовують РЗ; 2) технологічний трансфер — надання українським фермерам обладнання для No-Till та технологій для виробництва біочару з місцевих відходів, підвищуючи енергоефективність агросектору; 3) освітні програми — спільні освітні та тренінгові програми з ПД та РЗ для місцевих громад та реабілітологів, створюючи нові «зелені» робочі місця; 4) створення «терапевтичних парків» — фінансування проєктів створення громадських та реабілітаційних садів (за принципами ПД) на базі медичних та соціальних установ, використовуючи грядки Розума для забезпечення доступності часто через соціальне підприємництво		

Отже, стратегічне відродження ґрунтів через РЗ, ПД та біочар в Україні є потужним триєдиним інструментом: воно відновлює економічний потенціал агросектору (завдяки підвищенню родючості та карбоновим кредитам),

забезпечує екологічну стійкість та, що є не менш важливим, сприяє психологічній реабілітації нації через безпосередню творчу працю на землі. Українські екопоселення активно вивчають механізми карбонового кредитування (або біокредитування) як стратегічний інструмент досягнення екологічної та економічної самодостатності, що дозволяє посилити природоохоронні ініціативи, залучаючи додаткове фінансування для розвитку громад.

УДК 631.58:631.4

ВПЛИВ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА МІКРОБІОМ ҐРУНТУ

М. І. Романюк, аспірант

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

E-mail: romaniuk.maksym.i@chnu.edu.ua

Регенеративне землеробство (РЗ) є цілісною, екологічно обґрунтованою сільськогосподарською системою, що пропонує стійку альтернативу промислового сільському господарству, зосереджуючись на довгостроковому відновленні деградованих ґрунтів та біорізноманіття. Ключові принципи РЗ, такі як мінімальний обробіток, постійне покриття ґрунту покривними культурами, сівоzmіна та збереження живого коріння, створюють оптимальні умови для процвітання ґрунтової біоти.[1]

Практики РЗ призводять до фундаментальної перебудови ґрунтового мікробіому, сприяючи функціям, важливим для агроєкосистем. Дослідження демонструють підвищення бактеріального різноманіття та чисельності копіотрофних бактерій, які активно метаболізують свіжу органічну речовину, що надходить від кореневих ексудатів та біомаси покривних культур. Зменшений обробіток ґрунту у поєднанні з органічними поправками також активно підтримує високе бактеріальне різноманіття, хоча й може призводити до функціонального зсуву, наприклад, зменшення чисельності бактерій-декомпозиторів рослинних решток у верхньому шарі, що вказує на перехід до стратегії повільнішої стабілізації вуглецю.

Спостерігається зростання чисельності симбіотичних грибів, зокрема арбускулярних мікоризних грибів (АМГ), критично важливих для підвищення стійкості культур. Хоча підвищене таксономічне різноманіття мікробів не завжди прямо корелює з негайним збільшенням багатофункціональності, воно забезпечує ефект «страхового різноманіття» (*diversity insurance effect*), підвищуючи екологічну стійкість ґрунту до стресових факторів.[2]

Впровадження РЗ забезпечує не лише біологічне відновлення ґрунту, але й підвищує його екологічну стійкість, проте вимагає регіональної оптимізації практик відповідно до кліматичних та ґрунтових характеристик.

Література

1. Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bowyer, J. (2023). Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. *Sustainability*, 15(3), 2338. <https://doi.org/10.3390/su15032338>.
2. Mondaca, P., et al. (2024). Effects of sustainable agricultural practices on soil microbial diversity, composition, and functions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 370, 109053. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109053>.

УДК 504.054:631.4:582.736.3

ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БУРКУНУ БІЛОГО ТА ЖОВТОГО НА НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТАХ

О. І. Романюк¹, к.х.н., старш. наук. співроб., Л. З. Шевчик-Костюк¹, к.б.н.,
Г. В. Романюк¹, к.х.н., доцент, А. М. Влащук², к.с.-г.н., старш. наук. співроб.,
О. С. Дробіт², к.с.-г.н., старш. дослідник,
Н. О. Валентюк², к.т.н., старш. дослідник

¹Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України

²Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН
E-mail: romaniuk@ua.fm

Воєнне сьогодення та повоєнне майбутнє вимагатимуть розв'язання одного із важливих завдань — відновлення порушених, забруднених земель України. Відновленню підлягатимуть як сільськогосподарські землі, так і несільськогосподарські угіддя, що зазнали значних техногенних змін внаслідок вибухів, знищення рослинності, порушення рельєфу.

Природне самоочищення ґрунтів — складний, довготривалий процес, який не завжди завершується повним відновленням ґрунтової екосистеми. Найбільш перспективним методом відновлення ґрунтів вважається фіторемедіація. Ця технологія забезпечує стабільне поліпшення екологічної ситуації, динамічне відновлення ґрунту без екскавації і може використовуватися на великих площах. Фіторемедіація приваблює своєю природністю, екологічністю та економічністю. Фітотехнології можуть застосовуватися як для органічних забруднювачів: нафтові вуглеводні, газові конденсати, хлоровані сполуки, пестициди, вибухові речовини, так і неорганічних — важкі метали, металоїди, радіоактивні матеріали та солі.

Успішність застосування фітореMediaційних технологій для відновлення ґрунтів, за їх комплексного забруднення, лімітуватиметься нафтовим забрудненням, яке дуже токсичне для рослин.

Дослідження перспективних фітореMediaнтів для відновлення порушених ґрунтів, забруднених важкими металами, нафтою та її похідними, є одним із пріоритетних напрямів сучасної екологічної біотехнології. Зростання масштабів техногенного навантаження на довкілля, пов'язаного з видобутком, транспортуванням та переробкою нафти, призводить до деградації ґрунтового покриву, втрати його родючості та біологічної активності. Тому пошук ефективних і доступних методів рекультивації нафтозабруднених земель має важливе практичне значення.

Результати проведених досліджень засвідчили, що буркун білий (*Melilotus albus*) та буркун жовтий (*Melilotus officinalis*) характеризуються високою адаптивністю до умов забруднення вуглеводнями. Обидва види проявляють стійкість до концентрацій нафти у ґрунті в межах 1—15 %, зберігаючи життєздатність і здатність до формування біомаси. Найвищу фіторекультиваційну активність спостережено за концентрації нафти до 5 %, що свідчить про оптимальні умови для реалізації їхнього природного потенціалу в системі біологічного очищення ґрунтів.

За перший рік росту сумішевих посівів буркуну білого та жовтого (у співвідношенні 1:1) вміст вуглеводнів у ґрунті зменшувався в середньому на 53 %, що підтверджує ефективність біодеградаційних процесів у ризосфері цих рослин. Одночасно спостерігалось зменшення щільності ґрунту з 1,42 г/см³ до 1,34 г/см³ та підвищення його загальної пористості з 11 % до 46 %, що є свідченням поліпшення аерації, водопроникності та загального «здоров'я» ґрунту.

Отже, буркун білий та буркун жовтий можна вважати перспективними фітореMediaнтами для біологічної рекультивації ґрунтів, забруднених нафтою та її похідними. Їх використання сприяє не лише зниженню рівня нафтового забруднення, а й поліпшенню фізико-хімічних властивостей ґрунту, створюючи передумови для відновлення його родючості та біологічної активності. Це робить представників роду *Melilotus* ефективними компонентами у фітореMediaційних технологіях екологічного відновлення деградованих земель.

**ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА МІКРОБІОЛОГІЧНУ
АКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

К. В. Селюченко¹, Ю. О. Воробей¹, к.б.н., старш. наук. співроб.,

С. В. Кириєнко², к.б.н., доцент

¹Інститут сільськогосподарської мікробіології

та агропромислового виробництва НААН

²Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка»

E-mail: kate.sel513@gmail.com; yu.a.vorobey@gmail.com

Ґрунтові ресурси є стратегічною основою продовольчої та екологічної безпеки держави. В Україні понад 40 % ґрунтів перебувають на різних стадіях деградації, що зумовлено інтенсивним сільськогосподарським використанням, ерозією, скороченням частки органічного обробітку та техногенним забрудненням. Деградаційні процеси супроводжуються зниженням вмісту гумусу, руйнуванням структури ґрунту, порушенням його водного режиму та скороченням чисельності корисних мікроорганізмів — основних учасників трансформації органічної речовини, азотного циклу та формування гумусу. Мікроорганізми є чутливим індикатором стану ґрунтового середовища. Вони забезпечують мобілізацію поживних елементів і беруть участь у кругообігу азоту та вуглецю.

Метою дослідження було оцінити вплив різного антропогенного навантаження на чисельність основних груп мікроорганізмів. Проби ґрунту відбирали в Чернігівському районі на трьох типах ділянок: присадибній території, сільськогосподарському полі та ділянці біля автотранспортного шляху. Чисельність мікроорганізмів визначали методом непрямого підрахунку колоній у розведеннях ґрунтової суспензії. Використовували м'ясо-пептонний агар (МПА) — для оцінки кількості мікроорганізмів, що засвоюють органічний азот (амоніфікатори), крохмально-аміачний агар (КАА) — для виявлення мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми азоту, а також селективне середовище Ешбі для виявлення азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter*.

Аналізування результатів засвідчило, що чисельність мікроорганізмів істотно залежить від рівня антропогенного впливу. У ґрунті присадибної ділянки кількість мікроорганізмів була найвищою: $7,35 \times 10^7$ КУО/г — на МПА та $2,77 \times 10^7$ КУО/г — на КАА. На середовищі Ешбі відмічали 100 % обростання ґрунтових грудочок *Azotobacter*. Це пов'язано з наявністю в ґрунті органічних залишків і мінімальним механічним втручанням, що створює сприятливі умови для формування стабільного мікробного ценозу.

У ґрунті сільськогосподарського поля чисельність мікроорганізмів була нижчою ($5,06 \times 10^6$ КУО/г — на МПА та $6,78 \times 10^6$ КУО/г — на КАА). *Azotobacter* не виявлено. Причиною може бути застосування мінеральних добрив, що знижують потребу в біологічній фіксації азоту, та регулярний механічний обробіток, який порушує структуру ґрунтових агрегатів і зменшує кількість доступного органічного субстрату.

На ділянці біля автотранспортного шляху чисельність мікроорганізмів залишалася низькою ($5,38 \times 10^6$ КУО/г — на МПА і $2,28 \times 10^6$ КУО/г — на КАА). Це, ймовірно, пов'язано з техногенним забрудненням ґрунтів важкими металами та продуктами згоряння палива, що мають токсичний вплив на мікробні угруповання. *Azotobacter* було виявлено на рівні 7,75 % обростання, що свідчить про здатність окремих представників адаптуватися до стресових умов.

Отже, інтенсивне агровикористання або техногенний вплив призводять до зниження чисельності популяцій біологічно цінних груп мікроорганізмів. Відновлення деградованих ґрунтів повинно базуватися на цілеспрямованому застосуванні мікробних препаратів, які відновлюють мікробіоценоз, поліпшують живлення рослин і сприяють природному очищенню ґрунту від токсичних сполук.

УДК 631.445.4:417.2

УМІСТ ГУМУСУ В ЧОРНОЗЕМІ ЗВИЧАЙНОМУ ПІД ВПЛИВОМ ІНТЕНСИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТА ПРОГНОЗ ЗМІН

В. І. Чабан, к.с.-г.н., старш. наук. співроб., О. Ю. Подобед, к.с.-г.н.

Державна установа Інститут зернових культур НААН

E-mail: cvi2209@gmail.com; oksanapodobed@gmail.com

Якісний стан ґрунту визначає екологічну рівновагу і сталість агроценозу. Для його оцінки використовують комплекс критеріїв, серед яких найважливішим є вміст органічної речовини. Її кількісні параметри визначають властивості ґрунту. Водночас інтенсивне використання ґрунтового покриву, призвело до поширення процесів деградації і проявляється дегуміфікацією. Тому досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів залишається важливою проблемою та визначає актуальність досліджень. Мета роботи — визначити динаміку і прогноз гумусного стану ґрунтів Степу під впливом інтенсивного використання.

Дослідження проводили в стаціонарі лабораторії землеробства та родючості ґрунтів ДУ ІЗК НААН на Розівській дослідній станції. Ґрунтовий покрив — чорнозем звичайний малогумусний легкоглинистий. Вміст гумусу 4,6—4,8 %. Дослід закладено у 1991 році. В зерно-паро-просапній сівоzmіні (пар, пшениця, кукурудза, ячмінь, кукурудза МВС, пшениця, соняшник) на фоні полицевого і безполицевого обробітків ґрунту вивчали системи удобрення:

1. Контроль;

2. Органічна (14,3 т/га ріллі);
3. Органо-мінеральна (7,1 т/га + $N_{34}P_{21}K_{20}$);
4. Мінеральна ($N_{58}P_{41}K_{42}$).

Після завершення IV ротації сівозміни вміст гумусу (0—20 см) на контролі знаходився на рівні 4,70 і 4,84 % по фонам обробітків. Серед варіантів тільки органічна система удобрення забезпечувала достовірне підвищення його вмісту відносно контролю (на 0,19—0,17 %). По органо-мінеральній — проявлялася тенденція збільшення (на 0,13 % до 4,83 і 4,98 %). По мінеральній системі його вміст був близьким до варіанта без добрив (4,72 і 4,93 %). Порівняння вмісту гумусу через 30 років виробничого використання ґрунту з початковим (4,9 %) свідчить, що максимальне його зниження по оранці проявлялося на варіантах контролю і мінеральної системи удобрення (на 0,2 % і 0,18 %).

Доповненням аналітичних даних слугують балансові розрахунки, використання яких дозволяє встановити закономірності формування речовинно-енергетичних процесів в агроценозі та прогнозувати їх зміни за різного сценарію ведення землеробства. Отримані результати свідчать, що на варіанті без добрив баланс гумусу формувався різко від'ємний (–0,57 т/га). По мінеральній системі удобрення ($N_{58}P_{41}K_{42}$) його дефіцит завдяки збільшенню виходу пожнивно-корених решток скорочувався на 37 % (до –0,36 т/га). На варіанті органо-мінеральної системи баланс гумусу урівноважений (+0,02 т/га). Органічна система удобрення забезпечувала додатній баланс гумусу (+0,36 т/га) з рівнем компенсації його втрат на мінералізацію 125 % за 60 % на контролі.

Моделювання процесів мінералізації і гуміфікації органічної речовини ґрунту дозволяє прогнозувати гумусний стан ґрунту як базис сталого функціонування агроценозів. Маючи початкові і кінцеві значення в інтервалі часу (t), отримуємо константу швидкості мінералізації ($\beta = 0,00139 \text{ рік}^{-1}$). Використання експоненційної моделі $C_t = 4,90e^{-0,00139t}$ описує зміну вмісту гумусу в часі на контролі. Відповідно до розрахунків можна припустити, що через 50 років за екстенсивного землеробства (контроль) вміст гумусу буде зменшуватися з 4,9 до 4,57 %, а втрати становитимуть близько 6—7 % від початкового вмісту. Темпи мінералізації з часом трохи уповільняться, але процес буде мати негативну динаміку (1990 р. — 4,9 %; 2020 р. — 4,7 %; 2040 р. — 4,57 %).

Для подолання негативної динаміки вмісту гумусу в зерно-паро-просапній сівозміні реальним резервом органічної речовини є нетоварна продукція польових культур. Розрахунки свідчать, що використання соломи пшениці озимої, ячменю ярого та листостеблової маси соняшника буде забезпечувати надходження такої кількості новоутвореного гумусу (1,45 т/га), яка компенсує його втрати на мінералізацію і буде формуватися його зрівноважений баланс. Умови для відтворення родючості забезпечує додатній баланс гумусу в сівозміні, який буде

формуватися за заробляння нетоварної продукції всіх культур сівозміни (+0,156 т/га, з компенсацією втрат 111 %).

УДК 712.25

ВРАХУВАННЯ ҐРУНТОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК У ДЕКОРАТИВНОМУ РОСЛИННИЦТВІ ЯК ЗАПОРУКА УСПІШНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ

М. С. Якуба, к.б.н., доцент

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

E-mail: yakuba.m.s@dsau.dp.ua

Сучасні декоративні рослини, які широко використовуються для озеленення територій різного призначення, потребують обґрунтованого та виваженого підходу щодо забезпечення їх належними умовами існування та підтримки високої декоративності рослин. Крім правильного обрання місця розташування декоративних рослин відносно освітленості, водозабезпечення та особливостей повітряного режиму місцевості, надважливим для рослин є підбір оптимального для конкретного виду рослин ґрунтового покриття.

Характеристики ґрунту відповідають за низку важливих життєвих процесів, що відбуваються в рослині під час вегетації. Саме ґрунтовий покрив завдяки своєму мінералогічному, хімічному та механічному складу, поглинальній здатності, оструктуреності, фізичним та водним властивостям, тепловому та повітряному режимам забезпечує рослині складний комплекс рослинних умов, за яких вона набуває максимальної декоративності і здатна отримати з довкілля ресурси для оптимального функціонування.

У більшості випадків за створення зелених насаджень озеленювачі звертають увагу на такі основні загальноприйняті агрофізичні, агрохімічні та біологічні ґрунтові характеристики як рН ґрунту, гранулометричний склад ґрунту та його структуру, вологоємність і повітропроникність, ступінь засолення, вміст поживних речовин, біологічна активність та санітарний стан ґрунту, наявність у ґрунті збудників захворювань та шкідників рослин тощо.

Переважає більшість аборигенних (місцевих) видів рослин, що використовуються у якості декоративних елементів насаджень, мають доволі широкий діапазон витривалості до коливань ґрунтових показників, у той час як декоративні інтродуковані рослини часто можуть мати більш обмежені можливості виживання. Цей факт зумовлює необхідність здійснення ретельного та детального ґрунтового обстеження і вивчення особливостей поживного субстрату, та його відповідності індивідуальним потребам окремих рослинних видів.

Також важливим завданням озеленювачів є вирішення завдань асортиментного підбору рослин для створення композицій на ділянках з певними ґрунтовими властивостями. Варто брати до уваги, що кожний вид рослин має свої

особливості щодо вимог до властивостей ґрунту. Тому перед залученням нової рослини до насадження, необхідно ретельно вивчити її потреби та вимоги щодо вмісту у ґрунті поживних речовин, мікроелементного складу ґрунтового субстрату, показника рН, гранулометричного складу тощо.

Для вдалого співіснування декількох видів рослин на обмеженій спільній території є потреба забезпечення цих рослин належними ґрунтовими умовами, які здатні одночасно задовольняти запити усіх рослинних організмів у складі угруповання. Досить часто на практиці забезпечити такі умови не є можливим, тому у більшості випадків під час озеленення фахівцям доводиться підбирати для рослинних композицій ті види, що добре зростають на схожих за характеристиками ґрунтових субстратах. Такий підхід є втіленням принципу екологічного підходу в озелененні і найбільш прийнятним та втілюваним на практиці.

Проблему невідповідності ґрунтових вимог для одночасного існування рослин у насадженні можна частково вирішити корегуванням показників ґрунтового субстрату шляхом його оптимізації і підлаштування під потреби окремих рослинних видів за допомогою локальних заходів для забезпечення ґрунту додатковими дозами макро- і мікроелементів, внесенні компонентів, що змінюють механічні та фізичні властивості ґрунтів, підкислення або підлуження ґрунту тощо. У деяких випадках проблема ґрунтової невідповідності для окремих високодекоративних та цінних видів у рослинних композиціях може бути вирішена шляхом залучення елементів контейнерного озеленення, використанні піднятих грядок та інших сучасних заходів та прийомів для озеленення території.

УДК 631.41:631.95

ПІДБІР ПОКРИВНИХ КУЛЬТУР У СИСТЕМАХ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

П. А. Яременко, аспірант, А. М. Ліщук, д.с.-г.н., старш. наук. співроб.

Інститут агроєкології і природокористування НААН

E-mail: pasha.yaremmenko13@gmail.com

Регенеративне землеробство — це інноваційна система ведення господарства, спрямована на відновлення природної родючості ґрунтів, підвищення біорізноманіття, збереження водного балансу та формування стабільних агроєкосистем. Одним із ключових принципів цієї системи є підбір сільськогосподарських культур, зокрема покривних і сидеральних, які здатні підтримувати природні процеси ґрунтоутворення, відновлювати структуру ґрунту та зменшувати антропогенний вплив.

Умови Лівобережного Лісостепу України характеризуються високим аграрним навантаженням та значною деградацією ґрунтів. У регіоні поширені чорноземи глибокі малогумусні (вилугувані) з умістом гумусу 3—3,2 %, ущільненим верхнім шаром і ослабленою мікробіологічною активністю. Клімат помірно континентальний, середня кількість опадів становить 550—600 мм, середньорічна температура близько +7 °С. Отже, важливим завданням регенеративного землеробства цього регіону є добір культур, які не лише формують урожай, а й сприяють поліпшенню фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту, підвищують рівень його родючості та водоутримувальної здатності.

Серед головних критеріїв підбору покривних культур визначальним є здатність до біологічної фіксації азоту. У системі регенеративного землеробства провідну роль відіграють бобові культури, зокрема соя, вика волохата, конюшина біла, еспарцет та люпин вузьколистий. Ці види здатні фіксувати від 60 до 120 кг азоту на гектар, що знижує потребу у мінеральних добривах і водночас стимулює активність мікроорганізмів у ризосфері [1].

Не менш важливим критерієм є поліпшення структури ґрунту та його вологоутримання. Культури з глибокою стрижневою кореневою системою — редька олійна, еспарцет, жито озиме — сприяють руйнуванню ущільнених горизонтів, поліпшують аерацію та здатність ґрунту до інфільтрації вологи. Їхнє використання особливо ефективно на деградованих ділянках, де порушено водопроникність і накопичення гумусу.

Злакові покривні культури, зокрема жито озиме, тритикале, вівсяниця червона, виконують важливу протиерозійну функцію. Вони формують щільний поверхневий покрив, який запобігає водній та вітровій ерозії, пригнічує ріст бур'янів (завдяки алелопатичним речовинам) і зменшує втрати вологи через випаровування.

Особливе значення має також біостимуляція мікробної активності. Культури з високим умістом біологічно активних сполук, такі як фацелія, стимулюють розвиток фосфатомобілізуючих бактерій, актиноміцетів та мікоризних грибів, що прискорює процеси гуміфікації органічної речовини. Тому покривні культури не лише захищають ґрунт, але й активізують його біологічну родючість.

Отже, підбір покривних культур у системі регенеративного землеробства повинно базуватися на принципах екологічної сумісності, функціональної різноманітності та здатності культур до біологічного відновлення ґрунтової екосистеми. В умовах Лівобережного Лісостепу України найбільш ефективними є поєднання злакових і бобових видів, які забезпечують баланс азоту, поліпшення структури, активізацію мікробіологічної діяльності та стабілізацію вологообміну.

Подальші дослідження спрямовуватимуться на оптимізацію складу багатокомпонентних покривних сумішей, оцінку їхнього впливу на мікробіом ґрунту та на довготривале відновлення родючості чорноземів.

Література

1. Демиденко О.В. Роль покривних культур у відновленні родючості чорноземів Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2021. №4. С. 45—50.

ADAPTIVE MECHANISMS OF TREE-SHRUB COMMUNITIES UNDER SOIL DROUGHT STRESS

M. Hudimov¹, I. Zaitseva², doctor of Biological Sciences, Professor,

¹ South-Eastern Interregional Center of the State Institution

«Institute of Soil Protection of Ukraine»

²Oles Honchar Dnipro National University

Today, it is no secret that global climate change is not a matter of the distant future, but our current reality. As noted in the latest IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) reports, we are observing a steady increase in the frequency and intensity of extreme weather events, especially heatwaves and droughts.

The Steppe zone of Ukraine, is particularly vulnerable. In 2024 was relatively favorable and close to the climatic norm. However, 2025 demonstrated conditions of severe soil drought, especially in the summer, when the temperature graph significantly exceeded the precipitation graph. This creates an enormous challenge for introduced plants in urban greening systems, which are not accustomed to such harsh conditions.

This brings us to the key question: how do different species, even within the same genus, react to the same stress factor? Are there common patterns of adaptation?

Therefore, the aim of our work was a comparative assessment of the resistance of 12 samples of the genus *Viburnum* L. to soil drought conditions and their subsequent classification by level of adaptation. We chose the genus *Viburnum* because it is very common and includes species from completely different parts of the world.

The study was conducted at the Dnipro National University Botanical Garden collection. This allowed us to use the classic "common garden" method, where all plants are in the same soil and microclimatic conditions. This ensures that the differences in their reactions are caused by genetics, not by different growing conditions.

We analyzed key physiological indicators of the water regime: total water content, water deficit, and others. Sampling was carried out during two contrasting seasons, 2024 and 2025.

To analyze the vast array of data and identify hidden structures, we applied hierarchical cluster analysis using Ward's method.

The cluster analysis revealed a clear structure in the relationships between species.

On June 2024—a period with sufficient moisture - we can see that the species are grouped into clear, compact clusters. For example, a stable group of *Viburnum opulus* and *Viburnum trilobum*—species that are very similar morphologically. During this period, the system is in a state of equilibrium. When we analyzed the data for 2025—the year of severe drought, we saw changes in grouping.

Based on this stability analysis, we were able to divide all 12 samples into three conditional groups:

1. Resistant: Those that maintained stability even during peak drought.
2. Moderately Resistant: Those that were stable in normal conditions but "broke down" during severe stress.
3. Non-resistant: The "free elements" that showed a chaotic reaction the entire time.

The key question: why did they group this way? What do the species in the resistant group have in common?

The Resistant Group consists mainly of species from the temperate-continental climates of North America and Europe. *Viburnum opulus*, our native species, as well as *V. trilobum* and *V. prunifolium*, evolved in conditions where summer droughts are a normal, regular occurrence. They are genetically prepared for this stress.

The Non-resistant Group includes species (*V. carlesii*, *V. farreri*) from East Asia (Korea, China), from regions with mild, humid, often monsoon-like climates. They have never in their evolutionary history faced the type of stress like severe soil drought, and therefore do not have effective adaptation mechanisms.

In conclusion:

1. First, cluster analysis of physiological indicators is an effective tool for quantifying resistance.
2. Second, we have shown that the eco-geographical origin of a species is the key factor determining its adaptive potential to drought.
3. And third, this has direct practical value for selecting a sustainable assortment of *Viburnum* species for introduction in the Steppe zone of Ukraine.

APPLICATION OF EFFECTIVE METROLOGICAL AND STATISTICAL METRICS FOR EVALUATING THE ECOLOGICAL CONDITION OF AGROECOSYSTEMS

V. Syrovatko, S. Zhuchenko
South-Eastern Interregional Center of the State Institution
«Institute of Soil Protection of Ukraine»

Our work focuses on the integral assessment of a *Viburnum* plant community under the impact of environmental stress factors.

Problem Statement & Objective. Climate change and increasing anthropogenic pressure require new methods for assessing plant stability. Traditional statistical methods allow us to identify local differences in physiological parameters. However, they often fail to provide a comprehensive assessment of the plant community as a whole system. The objective of our study was to develop a complex approach using Information Entropy. We hypothesized that this indicator could help us not only assess the current state but also predict bifurcation points—critical moments when the system loses stability and faces the risk of degradation.

Object of Study & Methodology. For this study, we used a model community consisting of 10 species and 2 hybrids of the genus *Viburnum*. We utilized the 'Common Garden' method to minimize the influence of soil and microclimatic differences, allowing us to focus on hereditarily determined adaptive responses.

Throughout the vegetation period, we monitored key water regime parameters:

1. Total Water Content (TWC),
2. Water Deficit (WD),
3. Surface Development,
4. Succulence Degree,
5. And Specific Mass.

The Statistical Approach (Multidimensional Space). To integrate these diverse parameters, we developed a specific statistical methodology. Since the measured parameters have different units and dimensions, we first performed a normalization of the data using standard deviation. We then created a virtual multidimensional space. In this space, we treated the squared distances between different species as symmetric tensors of the second rank. This allowed us to build a distribution of values that characterizes the internal structure of the community.

Probability Density Decomposition. The resulting distribution of tensor values was complex. We found that it represents an integral probability density function composed of several Gaussian distributions. Using the property of normal distributions to show a quadratic dependence in a logarithmic representation, we developed a procedure to decompose this integral curve. This step-by-step isolation of Gaussian components allowed us to identify specific groups within the community and calculate their contribution to the total system."

Calculation of Information Entropy. Based on the parameters of these Gaussian components, we calculated the Information-Statistical Entropy using Shannon's relation. In our context, statistical entropy serves as a quantitative indicator of the system's disorganization. It reflects the number of possible implementation options for the system. A sharp rise in entropy indicates that the system is becoming unstable.

External Stress Factor (Soil Moisture). To validate our metric, we correlated it with an external stress factor: Soil Moisture Deficit. We monitored the moisture content in

the meter-deep soil layer and calculated the pF value—the logarithm of soil moisture stress.

We noted two critical values:

pF 4.25: The hydrological constant of stable wilting.

pF 4.55: The constant of plant death."

Results — The Bifurcation Point. Now, let's look at the results. This graph shows the dynamics during the vegetation period. A critical situation developed on July 9th (09.07). On this date, soil moisture dropped below 100 mm, and the pF value reached 4.25—critically close to the plant death threshold. Simultaneously, we observed a qualitative change in our model: the integral distribution split into three components, and the total entropy of the system spiked to a maximum value of 2.83. This sharp increase in entropy signaled that the system had reached a bifurcation point—a state of significant disorganization and stress.

Stabilization and Late Season Dynamics. Following this event, as conditions stabilized, the system returned to a binary state, and the entropy index decreased to 2.69 by September. However, due to the late growing season, we observed a 'blurring' of the Gaussian components. This indicates that prolonged stress and seasonal changes essentially eliminated the physiological differences between the species. The community became more homogenous in its low-level physiological response.

Conclusion. In conclusion, our research demonstrates a strong correlation between the pF value (soil drought) and the Information Entropy of the plant community.

The proposed metrological and statistical approach proved to be effective. It allows us to:

1. Give a clear quantitative estimate of the ecosystem's condition.
2. And most importantly, predict possible bifurcations and the loss of stability in agroecosystems.

This methodology can be successfully extended to a wider range of coenotic communities for better environmental monitoring.