

ГЕОГРАФІЯ ҐРУНТІВ: ІСТОРИЧНІ ЗМІНИ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ ЧОРНОЗЕМІВ УКРАЇНИ

Браславська О.В., Грицик О.М., Рожі Т.А.

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
вул. Садова, 2, 20300, м. Умань

oksana.braslavska@udpu.edu.ua, oleggricik32@gmail.com, tomas.rozhi.94@gmail.com

У статті детально розглянуто сучасні проблеми, пов'язані зі станом чорноземів України, які є стратегічно важливим ресурсом для аграрного сектору та відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави. Проаналізовано територіальні особливості асиміляційного потенціалу ґрунтів, які демонструють значну різницю між регіонами України: у західних областях виявлено найнижчий рівень цього показника, тоді як центральні та східні регіони мають більш сприятливі умови для протидії забрудненню важкими металами. Оцінено вплив різних типів землекористування на структурний стан чорноземів, що дозволило встановити, що розорювання істотно знижує їхню водостійкість і кількість агрономічно цінних агрегатів, тоді як ґрунти цілинних екосистем і ділянок під лісосмугами характеризуються високою стійкістю структури. Обґрунтовано необхідність реалізації комплексних заходів для відновлення чорноземів, що включають раціональне використання органічних добрив, впровадження сидератів, зрошення, застосування фіторе mediaційних технологій і здійснення активного контролю за рівнем техногенного забруднення. Акцентовано увагу на важливості збільшення частки активного гумусу, який суттєво впливає на агрохімічні властивості ґрунтів і їхню здатність до відновлення. Розроблено перспективні сценарії сталого відновлення чорноземів, які базуються на досягненні балансу між економічним розвитком та екологічною стійкістю. Запропоновано створення інституційного механізму управління дефіцитом асиміляційного потенціалу ґрунтів, що передбачає інтеграцію системи екологічного моніторингу, розробку програм підтримки органічного землеробства та впровадження інноваційних агротехнологій. Отримані результати формують сучасний рівень важливості як теоретичного, так і практичного спрямування, оскільки сприяють розумінню базових механізмів і причин деградації ґрунтів і визначенню першочергових заходів для їх збереження, відновлення та належної підтримки довготривалої родючості, необхідної для стабільного функціонування агроекосистем України. *Ключові слова:* чорноземи України, агрономічний потенціал, відновлення ґрунтів, асиміляційний потенціал, екологічний моніторинг, інноваційні агротехнології, ґрунт.

Soil geography: historical changes, current status and prospects for the restoration of the black soils of Ukraine. Braslavska O., Grytsyk O., Rozhi T.

The article examines in detail the current problems associated with the black soils of Ukraine, which are a strategically important resource for the agricultural sector and play a key role in the food security of the country. The territorial features of the assimilation potential of soils have been analyzed, which demonstrate a significant difference between the regions of Ukraine: in the outer regions the lowest level of this indicator has been revealed, then As the central and similar regions are more amenable to preventing contamination by important metals. The influx of various types of land development into the structural structure of chernozems has been assessed, which made it possible to establish that erosion significantly reduces their water resistance and the quantity of agronomically valuable aggregates, such as Soils of intact ecosystems and plots under forest-smudges are characterized by high structural stability. The necessity of implementing complex approaches for the renewal of black soils is emphasized, which includes the rational addition of organic fertilizers, the introduction of green manures, the fertilization, and the stagnation of phytoremediation technology and the creation of active control over the level of technogenic pollution. Emphasis is placed on the importance of increasing the amount of active humus, which naturally contributes to the agrochemical power of soils and their life before renovation. Promising scenarios for the modernization of black soils have been developed, which are based on the achieved balance between economic development and environmental sustainability. The creation of an institutional mechanism for managing the deficit in the assimilation potential of soils has been established, which transfers the integration of the environmental monitoring system and the development of support programs organic farming and the promotion of innovative agricultural technologies. The results may have important theoretical and practical significance, as they highlight the key mechanisms of soil degradation and the importance of early interventions for their conservation, renewal and nourishment meets the fertility requirements necessary for the stable functioning of Ukrainian agroecosystems. *Key words:* black soils of Ukraine, agronomic potential, soil renewal, assimilation potential, environmental monitoring, innovative agricultural technologies.

Постановка проблеми. Географія ґрунтів є ключовою складовою дослідження екосистемних процесів, яка дозволяє не лише глибше зрозуміти особливості історичної трансформації ґрунтового покриву, а й оцінити сучасний стан ґрунтів і визначити пер-

спективи їх ефективного відновлення з метою збереження родючості. Чорноземи України, які традиційно характеризуються високими показниками продуктивності, внаслідок тривалого антропогенного впливу, зокрема інтенсивного використання

у сільському господарстві, ерозійних процесів, загальної деградації та змін кліматичних умов, перебувають у стані, який викликає серйозні екологічні та економічні загрози. Зниження родючості цих ґрунтів створює значні ризики для продовольчої безпеки держави та стримує стійкий розвиток аграрного сектору, що, у свою чергу, вимагає дій і розробки комплексних підходів до їх збереження, адаптації та відновлення, з урахуванням як історичного контексту, так і сучасних біоекологічних тенденцій, із залученням інноваційних методів та інструментів.

Актуальність дослідження. Враховуючи той факт, що Україна є власницею майже чверті всіх світових запасів чорноземів, вона посідає важливе місце у глобальному аграрному виробництві, але надмірна експлуатація земель, нехтування раціональними принципами природокористування, збільшення техногенного навантаження та вплив кліматичних змін призводять до деградацій відчутних ґрунтового покриву, і створюють загрозу його екологічній стабільності. Відновлення чорноземів вже стало не лише факторним завданням для підтримки сталого сільськогосподарського виробництва, але й критично необхідним кроком для збереження широкого біорізноманіття.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Наукові дослідження, проведені авторами, спрямовані на глибоке вивчення динаміки змін, які відбулися у чорноземах України за останні десятиліття з метою визначення основних чинників їх деградації та розробки адаптивних підходів до їх відновлення. В координатах поточного дослідження авторами здійснено детальний аналіз поточного стану чорноземів зі застосуванням геоінформаційних систем, змодельовано вплив кліматичних змін і антропогенних факторів, а також обґрунтовано можливість використання інноваційних технологій для збереження ґрунтів. Отримані результати не лише розширюють наукове уявлення про географію ґрунтів, зокрема чорноземів, але й пропонують практичні рішення, які можуть бути використані для формування ефективної політики у сфері раціонального природокористування та сталого розвитку аграрного сектору України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах провідних науковців, зокрема в роботі від Топольний Ф., Топольний С. [13], охарактеризовано методи оцінки асиміляційного потенціалу ґрунтів, що дозволяють визначати вплив важких металів на їхню продуктивність та екологічну стабільність. Методика біологічного поглинання мікроелементів, стала базисом для аналізу взаємозв'язків між фізико-хімічними властивостями ґрунтів, рослинністю та забруднювачами. Вагомий внесок у вивчення фізико-хімічних характеристик чорноземів зроблено рядом вітчизняних вчених: Ковальов М., Медведєва О., Мірзак Т. [4], Попірний М. [11], дослідження яких акцентують увагу на суттєвому зниженні рівня гумусу за останні

десятиліття. Така тенденція обумовлена зменшенням використання органічних добрив і посиленням техногенного навантаження на ґрунти. Аналіз територіальної диференціації асиміляційного потенціалу, здійснений Кравченко Ю. [7], виявив значні регіональні відмінності: найнижчі показники властиві західним областям, тоді як ґрунти центральних і східних регіонів мають кращу здатність до протистояння забрудненню.

Сучасні дослідження наголошують на негативному впливі інтенсивного землекористування, зокрема розорювання, на структуру ґрунтів. Зокрема, у наукових роботах Центилю Л. [14], Уайт Р. [23], підкреслюється зменшення водостійкості чорноземів та втрата агрономічно цінних агрегатів. Водночас ґрунти цілинних екосистем і під лісосмугами демонструють високу структурну стійкість, що вказує на необхідність збереження природних екосистем як невід'ємної частини управління земельними ресурсами. Окремо слід виділити наукові досягнення від Ковальов М., Топольний Ф., Малаховська В. [5], Дінеш Г.К., Синдуджа М., Пріанка Б. [18], де увага приділена розробці інноваційних рішень для відновлення чорноземів, і самі ці дослідження підтверджують ефективність використання органічних добрив, сидератів, технологій зрошення та фіторе mediaційних методів, які сприяють підвищенню вмісту гумусу і покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунтів.

Отже, сучасна наукова література охоплює як теоретичні основи, так і практичні аспекти відновлення чорноземів України, однак подальші дослідження повинні зосередитися на детальному аналізі регіональних особливостей деградації ґрунтів і розробці адаптованих механізмів їхнього відновлення.

Метою статті є дослідження сучасного стану чорноземів України, визначення факторів їхньої деградації та розробка рекомендацій для відновлення родючості й екологічної стабільності ґрунтів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Недостатньо вивченими залишаються питання впливу різних типів землекористування на структурний стан чорноземів та динаміку зниження їхнього гумусового потенціалу під впливом техногенних і природних факторів. Також існує потреба у створенні регіонально адаптованих механізмів управління дефіцитом асиміляційного потенціалу ґрунтів, що враховують специфіку забруднення важкими металами та нерівномірність ґрунтових властивостей у різних зонах країни. Невирішеним залишається питання інтеграції інноваційних агротехнологій, таких як фіторе mediaційні методи, сучасні системи зрошення, та розробки ефективних екологічних програм, спрямованих на збільшення вмісту гумусу та покращення структурного стану ґрунтів. Крім того, недостатньо уваги приділено встановленню балансу між економічним зростанням і фактором екологічної стійкості відновлення чорноземів України.

Новизна. У статті проаналізовано територіальну диференціацію асиміляційного потенціалу ґрунтів з акцентом на західні, центральні та східні регіони України, що дозволило ідентифікувати критичні зони з підвищеним рівнем забруднення та деградації та було виявлено залежність між типами землекористування та динамікою гумусового потенціалу, що дозволяє оцінити вплив різних агротехнічних практик на структуру ґрунту та його водостійкість. Наукова новизна визначається також і в обґрунтуванні перспективних сценаріїв відновлення українських чорноземів, які базуються на поєднанні економічного розвитку та аспекту екологічної рівноваги, з акцентом на широку імплементацію органічного землеробства, технологій зрошення та забезпечення практики екологічного моніторингу.

Методологічне або загальнонаукове значення. Відповідно до методологічних принципів дослідження природних зон, степова зона України виступає унікальним прикладом для вивчення інтеграційного впливу кліматичних, ґрунтових та екологічних чинників, що формують природно-антропогенне середовище. Враховуючи особливості її помірно континентального клімату, який характеризується недостатньою кількістю опадів, помірно холодними зимами та тривалим спекотним літом, дослідження цієї території дозволяє визначити ключові закономірності взаємодії кліматичних змін із ґрунтовими процесами. Сума активних температур, що сягає 2800–3300°C, у поєднанні з тривалим безморозним періодом у 170–190 днів, створює сприятливі умови для аналізу динаміки теплового забезпечення у формуванні ґрунтового покриву. Кліматичні умови степової зони, зокрема варіативність опадів від 475 мм на півночі до 350 мм на півдні, визначають особливості промокання ґрунтів і структуру ґрунтового профілю, що є важливим аспектом для узагальнення знань про гідротермічні фактори в агроландшафтах. Поділ степової зони на північностепову із переважанням звичайних чорноземів та середньостепову, де домінують південні чорноземи, дозволяє досліджувати їхні специфічні властивості та процеси формування, які відбувалися під впливом різнотравно-типчаково-ковилової рослинності на лесових породах. У методологічному аспекті такі дослідження дають змогу встановити фундаментальні принципи взаємозв'язку біогеоценотичних і ґрунтоутворних процесів у зональних умовах.

Виклад основного матеріалу. Аналіз сучасного стану ґрунтів України є важливим кроком для визначення регіонів із найвразливішим природним асиміляційним потенціалом, що дозволяє розробляти стратегії ефективного відновлення та збереження чорноземів. За результатами досліджень НАН України, приблизно 10% посівних земель країни розташовано у Поліській зоні, тоді як 40% зосереджено у Лісостепу, а решта 50% припадає на Степову зону,

що свідчить про домінування степових і лісостепових територій у структурі сільськогосподарських угідь. Ґрунтовий покрив України, представлений понад 650 типами ґрунтів, зокрема включає значні площі чорноземів, які є ключовим ресурсом аграрного сектору. Згідно з ґрунтовими картами та даними щодо розподілу типів ґрунтів у різних регіонах країни, чорноземи звичайні займають близько 9 млн га, чорноземи типові – 7,2 млн га, а чорноземи південні – 3,2 млн га. Інші види ґрунтів, такі як дерново-опідзолисті, темно-сірі лісові, темно-каштанові та дерново-підзолисті, займають значно менші площі, однак відіграють важливу роль у підтримці екосистемної рівноваги [10, с. 45–47].

У Поліській зоні переважають дерново-підзолисті ґрунти, які займають понад 55% території, тоді як інші типи мають менш значну частку: лучно-болотні ґрунти поширені на 13% території, торф'яно-болотні – на 12%, сірі лісові ґрунти – на 6%, а дерново-підзолисті оглеєні та дерново-карбонатні займають лише 2% території. Ця неоднорідність у розподілі ґрунтових типів потребує особливої уваги для визначення оптимальних методів відновлення родючості, зокрема чорноземів, через застосування сучасних агротехнічних підходів та раціонального управління земельними ресурсами (рис. 1).

У межах Лісостепової зони України ґрунтовий покрив характеризується домінуванням сірих лісових ґрунтів, які займають близько 45% території, та чорноземів, частка яких становить 40%, тоді як дерново-підзолисті ґрунти поширені лише на 3% площі цієї зони. У Степовій зоні спостерігається значна перевага чорноземів, які охоплюють три чверті території, проте більшість із них мають низький або середній вміст гумусу. Темно-каштанові ґрунти займають близько 10% площі степу, а солончаки становлять лише 1,5%, що свідчить про низький рівень їх придатності для сільськогосподарського використання. У Карпатах ґрунтовий покрив переважно представлений різними підтипами бурих гірських ґрунтів, які займають від 50% до 60% площі відповідних зон [1, с. 8–9].

З урахуванням сучасних даних про кислотність ґрунтового середовища та вміст гумусу, аналіз дозволяє визначити області з найбільш вразливим асиміляційним потенціалом, що є ключовим для оцінки їхньої здатності протистояти забрудненню важкими металами. Зокрема, результати досліджень свідчать, що ґрунти Волинської, Закарпатської, Житомирської, Львівської та Рівненської областей мають вкрай низький асиміляційний потенціал, що ускладнює їх відновлення за умов техногенного навантаження. У Хмельницькій, Чернігівській, Київській, Чернівецькій та Івано-Франківській областях асиміляційний потенціал оцінюється як слабкий, тоді як більшість інших регіонів демонструють середній або нормальний рівень, за винятком окремих локальних ділянок [17].

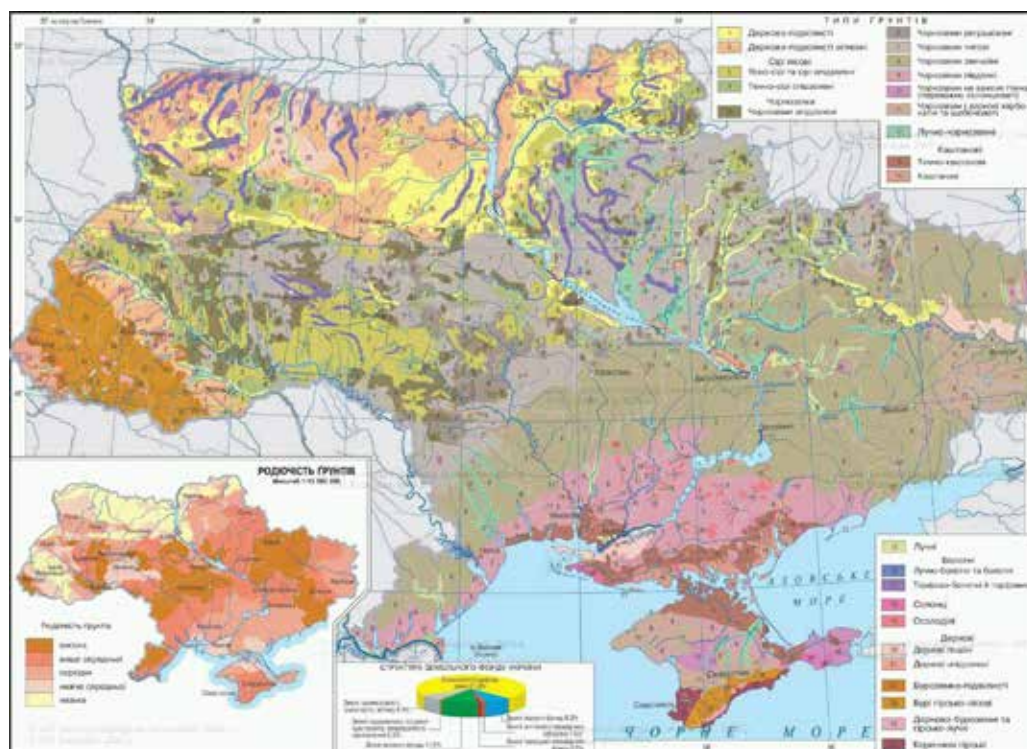


Рис. 1. Стратифікація ґрунтів України (стан 2021 р.). [2]

Критично важливим показником для відновлення чорноземів залишається вміст гумусу, адже саме його кількість визначає родючість ґрунту та його здатність до відновлення в умовах зростаючого антропогенного впливу (табл. 1). Перспективи відновлення чорноземів України залежатимуть від інтеграції науково обґрунтованих агротехнічних підходів, спрямованих на збереження та поступове покращення їхніх фізико-хімічних властивостей.

За останні два десятиліття, що минули з часу проведення останнього ґрунтового-агрохімічного моніторингу, відбулося суттєве зниження середнього вмісту гумусу у всіх природних зонах України, що пов'язано передусім зі зменшенням обсягів внесення органічних добрив. Такого плану тенденція не лише негативно впливає на родючість ґрунтів, але й робить їх більш уразливими до накопичення важких металів, що створює додаткові екологічні та аграрні ризики. Так для оцінки біологічного поглинання мікроелементів, який передбачає розрахунок коефіцієнтів, що визначають співвідношення вмісту мікроелементів у золі рослин до їхнього вмісту у ґрунті. Виокремлені коефіцієнти були розподілені

на п'ять груп залежно від інтенсивності асиміляції елементів рослинами, що стало основою для розуміння механізмів взаємодії ґрунту, рослин і мікроелементів у природних та антропогенно змінених екосистемах (табл. 2).

Сучасний стан чорноземів вимагає активного впровадження інноваційних агротехнологій для їхнього відновлення, зокрема тих, що спрямовані на підвищення рівня гумусу шляхом раціонального використання органічних добрив, сидератів та біопрепаратів. Знання про інтенсивність біологічного поглинання мікроелементів дозволяє краще розуміти процеси, що впливають на якість чорноземів, та розробляти ефективні стратегії їхньої реабілітації, спрямовані на підвищення стійкості ґрунтів до техногенних і кліматичних загроз [10].

У контексті сучасного стану ґрунтів України питання накопичення важких металів, таких як ртуть і кадмій, набуває особливої актуальності, оскільки саме ці елементи характеризуються найвищим рівнем токсичності для рослин. Як свідчать результати досліджень, констатуємо, що значне перевищення допустимого вмісту важких металів у ґрунті чинить

Таблиця 1

Зміст гумусу в ґрунтах різних зон України

Зони	Зміст гумусу, %	Зменшення гумусу, %
Полісся	2,18	0,04
Лісостеп	3,27	0,09
Степова зона	3,45	0,09

Таблиця 2

Коефіцієнт біологічного поглинання (Асиміляції) [1]

Мікроелемент	КБП	Ряди біологічного поглинання
P, S, Cl, I	$n \cdot 10^{-n} \cdot 10^2$	Енергійно накопичувані елементи
K, Ca, Mg, Na, Zn, Ag	$n \cdot 10^0 - n \cdot 10^1$	Сильно накопичувані
Mn, Ba, Cu, Ni, Co, Mo, As, Cd, Be, Hg, Se	$n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^0$	Середнього накопичення
Fe, Si, F, V	$n \cdot 10^{-1}$	Слабого накопичення
Ti, Cr, Pb, Al	$n \cdot 10^{-2} - n \cdot 10^{-1}$	Дуже слабого накопичення

істотний негативний вплив на врожайність сільськогосподарських культур [16, с. 561]. Це явище пов'язане зі здатністю важких металів пригнічувати функції вегетативних і репродуктивних органів рослин, що знижує їхню здатність до нормального розвитку та продуктивності (табл. 3).

Таблиця 3

Залежність між врожайністю і ступенем забруднення ґрунту важкими металами [15]

Зниження врожаю або його якості, %	Рівень забруднення ґрунту
<5	Практично не забруднені
6-10	Слабко забруднені
11-25	Середньо забруднені
26-50	Сильно забруднені
51-75	Дуже сильно забруднені
>75	Критично забруднені

Сучасний стан чорноземів вимагає впровадження комплексних заходів, спрямованих на зниження рівня накопичення токсичних елементів у ґрунтах,

серед яких першочергового значення набувають технології екологічного моніторингу, фітореMediaції, а також підвищення ефективності агротехнічних прийомів. Перспективи відновлення чорноземів України значною мірою залежать від здатності застосовувати інноваційні підходи, спрямовані на нейтралізацію токсичних елементів та запобігання їхньому подальшому накопиченню. Ці заходи створюють умови для покращення стану ґрунтів, збереження їхньої родючості та забезпечення сталого розвитку агросфери [21].

Використання агрохімічних методів, відкриває можливості для проведення детальної оцінки рівня забруднення ґрунтів важкими металами в різних регіонах України, що є критично важливим у контексті відновлення чорноземів. Відправною точкою для такого аналізу є розуміння того, що асиміляційний потенціал ґрунтів, тобто їх здатність до нейтралізації шкідливих речовин, є значно нижчим у західних областях країни, тоді як у центральних і східних регіонах цей потенціал є кращим завдяки вищому вмісту гумусу та оптимальним параметрам рН (рис. 2) [3, с. 14].

Порівняльний аналіз врожайності зернових і зернобобових культур за 2000-й та 2022-й роки

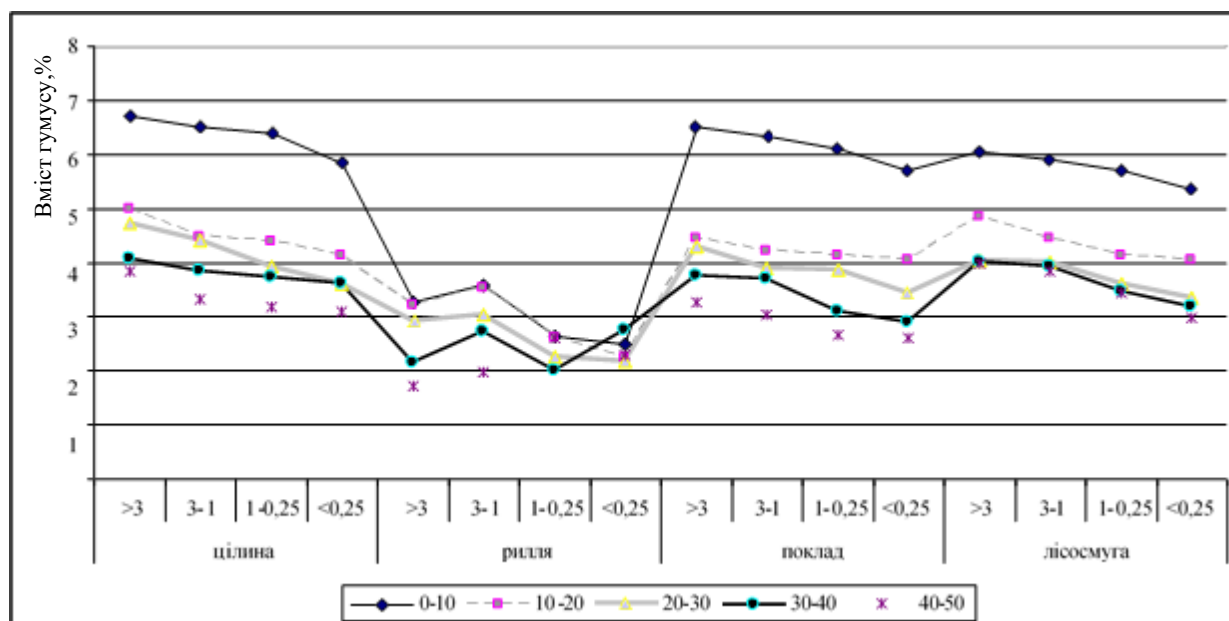


Рис. 2. Вміст пасивного гумусу в структурних агрегатах чорнозему на території України

Джерело: побудовано авторами на основі [5, 10]

демонструє суттєві відмінності у динаміці продуктивності, що зумовлені рівнем забруднення ґрунтів важкими металами. Найбільше зниження врожайності спостерігається в промислово розвинених регіонах, таких як Донецька, Дніпропетровська, Запорізька та Полтавська області, де перевищення асиміляційної ємності ґрунтів стало критичним, що вказує на той факт, що навіть у регіонах із традиційно високим вмістом гумусу та сприятливими ґрунтовими умовами тривалий вплив техногенного забруднення перевищив можливості природної регенерації педосфери. Для вирішення цієї проблеми пропонується розробка інституційного механізму управління дефіцитом асиміляційного потенціалу ґрунтів, який може базуватися на кількох сценаріях. Перший сценарій передбачає зниження темпів утворення відходів і стримування економічного зростання до моменту, коли екосистема зможе самостійно асимілювати забруднення [9]. Цей підхід дозволяє зберегти екологічну рівновагу, однак ставить під сумнів можливість сталого економічного розвитку.

Другий сценарій передбачає поступове зниження рівня споживання природних ресурсів та обсягів відходів шляхом впровадження інноваційних екологічно чистих технологій. Подібного роду підхід, який базується на механізмах Кіотського протоколу, дозволяє тимчасово пом'якшити проблему перевищення асиміляційної ємності ґрунтів. Проте слід усвідомлювати, що в довгостроковій перспективі знову виникне необхідність пошуку нових рішень для забезпечення екологічної та економічної стабільності.

Третій сценарій розвитку, спрямований на забезпечення гармонійного балансу між економічним зростанням та допустимими навантаженнями на екосистему, є перспективним варіантом сталого розвитку. Цей підхід передбачає розробку чітких механізмів оцінки та регулювання залежності між темпами соціально-економічного прогресу та виснаженням природного капіталу, з урахуванням асиміляційної здатності довкілля [20].

Дослідження властивостей гумусу у ґрунтах України демонструють важливу роль його активної та пасивної форм у підтриманні родючості чорноземів. Пасивний гумус, представлений складовими, що формують стійкі хімічні зв'язки з мінеральною частиною ґрунту, відіграє ключову роль у довготривалому збереженні структури ґрунту, тоді як активний гумус залишається більш мобільним і безпосередньо впливає на агрохімічні властивості. Дослідження також показали, що пасивний гумус переважає в структурних агрегатах більшого розміру (>3 мм), зокрема у шарі 0–10 см, де його вміст становить 6,72%, тоді як активного гумусу в цьому ж шарі лише 3,02%. Ця тенденція зберігається і в агрегатах розміром 3–1 мм, де спостерігається ще більша перевага пасивного гумусу [22, с. 28]. Перспективи відновлення чорноземів полягають у комплексному підході, що включає збереження пасивного гумусу, раціональне використання органічних добрив та зменшення деградації ґрунтів через контроль за інтенсивністю їх обробітку (табл. 4).

Накопичення гумусу під покривом рослинності, особливо пасивної його форми, є важливим процесом, що відбувається у ґрунтах України. У дослідженнях виявлено, що вміст пасивного гумусу у ґрунті становить 5,48%, тоді як активного лише 2,57%, із незначною часткою колоїдного гумусу – близько 0,6%. У ґрунтах під лісосмугами пасивна форма гумусу домінує над активною у всіх структурних агрегатах, причому у верхньому шарі ґрунту (0–20 см) ця перевага майже подвоюється, а з глибиною поступово зменшується.

У ґрунтах природних цілинних екосистем зберігається найбільша кількість агрономічно цінних структурних агрегатів, що сприяє збереженню їх родючості та фізичної стабільності. Однак розорювання цілинних чорноземів значно знижує вміст таких агрегатів, у результаті чого коефіцієнт структурності ґрунту зменшується приблизно втричі порівняно зі станом природних ґрунтів. Чорноземи цілинних екосистем і ґрунти під покладом мають найвищі показники водостійкості, які суттєво перевищують

Таблиця 4

Перспективи і інструменти відновлення чорноземів України (сформовано авторами)

Інструмент	Механізм дії	Переваги	Недоліки	Перспективи впровадження
Органічні добрива	Відновлення гумусу	Покращення родючості	Висока вартість	Широке використання в агросекторі
Сидерати	Збагачення ґрунту азотом	Екологічність	Тривалий ефект	Перехід на сталі агротехнології
Зрошення	Підтримка вологості ґрунту	Підвищення врожайності	Ризик засолення	Інтеграція в посушливих регіонах
Реалізація екологічних програм	Моніторинг стану ґрунтів	Системний підхід	Високі адміністративні витрати	Підтримка держави та міжнародних організацій
Лісосмуги	Захист ґрунтів від ерозії	Стабільність екосистеми	Потреба у тривалому догляді	Відновлення природних бар'єрів

водостійкість орних ґрунтів. Ґрунти під лісосмугами також демонструють кращу водостійкість порівняно з орними, проте поступаються за цим показником природним чорноземам. У цих ґрунтах вміст загального гумусу є найвищим у більших структурних агрегатах, тоді як у розораних чорноземах значний вміст гумусу спостерігається переважно у дрібних (<3 мм) агрегатах [8, с. 99–100]. Таким чином, сучасний стан чорноземів України демонструє необхідність розробки інтегрованих підходів до їх відновлення, спрямованих на підтримання агрономічно цінної структури, збільшення вмісту гумусу та збереження водостійкості ґрунтів. Перспективи відновлення пов'язані з мінімізацією розорювання, раціональним використанням лісосмуг і впровадженням інноваційних методів для підтримання природного балансу у ґрунтових системах.

Висновки. Дослідження виявили, що типові та південні чорноземи характеризуються високим агрономічним потенціалом, однак значна інтенсифікація їхнього розорювання спричинила суттєве скорочення кількості структурних агрегатів і зниження водостійкості, особливо в промислово розвинених регіонах, де техногенне навантаження на ґрунти є найвищим. Оцінка показала, що ґрунти західних областей України мають значно нижчий асиміляційний потенціал порівняно з централь-

ними та східними регіонами, що ускладнює їх здатність до нейтралізації важких металів і вимагає впровадження регіонально специфічних заходів для оптимального управління ґрунтовими ресурсами. Авторами було обґрунтовано, що відновлення родючості чорноземів потребує застосування комплексного підходу, який передбачає використання органічних добрив, сидератів і біопрепаратів, впровадження сучасних систем зрошення та використання фіторе mediaційних технологій для зниження рівня токсичного навантаження на ґрунти. Виокремлено перспективні сценарії відновлення чорноземів, які базуються на гармонійному поєднанні економічного розвитку та зменшення антропогенного впливу на екосистему, що забезпечить збереження їхньої родючості без суттєвого скорочення темпів зростання національного аграрного сектору. Запропоновано створення інституційного механізму управління дефіцитом асиміляційного потенціалу ґрунтів, що передбачає інтеграцію системи екологічного моніторингу, розробку державних програм підтримки органічного землеробства, а також впровадження інноваційних агротехнологій. Такий підхід дозволить забезпечити стабільне відновлення ґрунтового покриву, знизити ризики техногенного забруднення та сприяти довгостроковому збереженню агроекосистем України.

Література

1. Балюк С. А., Воротинцева Л. І., Соловей В. Б., Шимель В. В. Реалії українського чорнозему: сучасний стан, еволюція, охорона та стале управління. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 3. С. 5-13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202303-01>
2. Ґрунти України. URL: <https://farming.org.ua/%D0%A2%D0%B8%D0%BF%D0%B8%20%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%83%20%D0%9A%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0%20%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2.html> (дата звернення: 02 січня 2024)
3. Канівець О.М. Ознаки та причини погіршення родючості ґрунтів. Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції: Тернопіль: Крок, 2016. 28 с.
4. Ковальов М. М., Медведєва О. В., Мірзак Т. П. Агроекологічна трансформація гумусного стану чорнозему типового Бугсько-Дніпровського міжріччя. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 345-352. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.46>
5. Ковальов М. М., Топольний Ф. П., Малаховська В. О. Органічна речовина ґрунту під впливом тривалого сільськогосподарського використання *Аграрні інновації. Рецензований науковий журнал*. № 17. 2023. Видавничий дім «Гельветика». С. 81-87.
6. Кирилюк, В., Рожі, Т., Харів, В. Геодезичне планування в агроландшафті: створення цифрових карт та моделей для оптимізації землекористування. *Просторовий розвиток*, (6), (2023). С. 293-308. URL: <http://spd.knuba.edu.ua/article/view/295409>
7. Кравченко Ю. С. Сучасний стан родючості українських чорноземів. *Агробіологія*. 2019. № 3. С. 29-35. DOI: <https://doi.org/10.31548/agt2019.03.029>
8. Крамаров С. М., Бандура Л. П., Артеменко С. Ф., Крамаров О. С., Писаренко П. В. Зміни агрофізичних властивостей чорнозему звичайного за тривалого землекористування та економічне стимулювання їхнього відновлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 93-106. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.12>
9. Македон В. В., Волошко Н. О. Вплив транснаціональних корпорацій на реалізацію цілей сталого розвитку. *Інфраструктура ринку*. 2023. Вип. 70. 2023. С. 8-14. DOI: <https://doi.org/10.32782/infrastructure70-2>
10. Позняк С. П. Актуальні проблеми ґрунтознавства і географії ґрунтів. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 2017. 272 с.
11. Попірий М.А. Зміна якісних і спектроскопічних характеристик органічної речовини чорнозему типового за різних систем обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2016. Вип. 7. С. 65-68.
12. Рожі Т. А. Врахування ландшафтної структури територій громад для раціонального природокористування. *Ландшафтознавство : науково-теоретичний журнал. / головн. ред. Г. Денисик. Вінниця, ВДПУ ім. Михайла Коцюбинського*, 2023. Вип. 4 (2). С. 85–91. URL: <https://intranet.vspu.edu.ua/landscapescience/index.php/journal/article/view/39/43>
13. Топольний Ф., Топольний С. Ґрунти як компоненти ландшафту: проблеми генези і класифікації. *Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць*. Вип. 318. Географія. Чернівці : Рута, 2006. С. 110-116.
14. Центило Л. В. Калійний режим чорнозему типового за різного удобрення та обробітку ґрунту. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 3 (79). С. 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.012>

15. Циліорик О. І., Чорна В. І., Гаврюшенко О. О. Зміна агрофізичних властивостей чорнозему звичайного під впливом обробітку ґрунту в сівозміні та на рекультивованих землях в умовах Степу України. *Зернові культури*. 2021. Т. 5. № 1. С. 115-124.
16. Шевчук С.М., Прокопенко Н.І., Рожі Т.А. Аналіз використання геодезичних даних при плануванні та моніторингу агроландшафтів: оптимізація землекористування та охорони природи. *Просторовий розвиток*, Вип. 7, 2024. С. 445-458. URL: <http://spd.knuba.edu.ua/article/view/302646>
17. Bryk M., Słowińska-Jurkiewicz A., & Medvedev V. Morphometrical structure evaluation of long-term manured Ukrainian chernozem. *International Agrophysics*. 2012. No 26(2). p. 117-128. doi: 10.2478/v10247-012-0018-6.
18. Dinesh G.K., Sinduja M., Priyanka B. et al. Enhancing Soil Organic Carbon Sequestration in Agriculture: Plans and Policies. *Plans and Policies for Soil Organic Carbon Management in Agriculture*. 2022. P. 95-121.
19. Liang A., Li L., Zhu H. Protection and Utilization of Black Land and Making Concerted and Unremitting Efforts for Safeguarding Food Security Promoted by Sci-tech Innovation – Countermeasures in Conservation and Rational Utilization of Black Land. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*. 2021. № 36. P. 557-564.
20. Makedon V., Myachin V., Plakhotnik O., Fisunen N., Mykhailenko O. Construction of a model for evaluating the efficiency of technology transfer process based on a fuzzy logic approach. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. no 2(13(128)). p. 47-57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300796>.
21. Metelenko N. G., Kovalenko O. V., Makedon V., Merzhynskiy Y. K., Rudych A. I. Infrastructure Security of Formation and Development of Sectoral Corporate Clusters. *Journal of Security and Sustainability Issues*. 2019. № 9(1). pp. 77-89. [http://doi.org/10.9770/jssi.2019.9.1\(7\)](http://doi.org/10.9770/jssi.2019.9.1(7))
22. Xu Y., Lyu J., Liu H., Xue Y. A Bibliometric and Visualized Analysis of the Global Literature on Black Soil Conservation from 1983-2022 Based on CiteSpace and VOSviewer. *Agronomy*. 2022. V. 12(10). P. 24-32. doi: 10.3390/agronomy12102432
23. White R. The Role of Soil Carbon Sequestration as a Climate Change Mitigation Strategy: An Australian Case Study. *Soil System*. 2022. V. 6. Is. 46. doi: 10.3390/soilsystems6020046.