

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО В РЕЗУЛЬТАТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

**КОВАЛЬОВ М.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
*orcid.org/0000-0003-4421-8960*

Центральноукраїнський національний технічний університет  
**МЕДВЕДЕВА О.В.** – кандидат біологічних наук, доцент  
*orcid.org/0000-0001-9265-958X*

Центральноукраїнський національний технічний університет  
**КРОПІВНИЙ В.М.** – кандидат технічних наук, професор  
*orcid.org/0000-0002-5313-0226*

Центральноукраїнський національний технічний університет  
**МІРЗАК Т.П.**  
*orcid.org/0000-0003-0830-8854*

Центральноукраїнський національний технічний університет

**Постановка проблеми.** Кількість і склад обмінних катіонів – найважливіші параметри колоїдного комплексу, оскільки співвідношення поглинених катіонів істотно впливають на агрономічні властивості ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. У ґрунтах з абсолютним переважанням кальцію та магнію при їх сприятливому співвідношенні утворюється агрономічно цінна водоміцна структура, покращуються водно-фізичні властивості [1, с. 112]. Сума поглинених катіонів кальцію та магнію в процесі ґрунтоутворення з одного боку зростає за рахунок утворення та накопичення гумусу, з іншого зменшується внаслідок руйнування колоїдної частини ґрунту.

Індикаційними ознаками зміни фізико-хімічних властивостей найчастіше є зниження загального вмісту та якісні зміни гумусу ґрунту. Паралельно з втратами гумусу відбулися зміни у вмісті обмінних катіонів кальцію та магнію. Досить висока сума обмінних кальцію та магнію відзначається у верхніх горизонтах чорнозему типового та поступово зменшується з глибиною паралельно зменшенню гумусу, що свідчить про біологічну акумуляцію органічних колоїдів за рахунок гумусових речовин. Накопичення органічних та органо-мінеральних колоїдів сприяє інтенсивній акумуляції обмінного кальцію в гумусованій частині профілю [2, с. 14].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Високопродуктивне використання земельних ресурсів неможливе без урахування особливостей структурно-агрегатного стану ґрунтів, що визначають фізичні умови ґрунтової родючості. Вміст агрономічно цінних агрегатів розміром 0,25–10 мм сприймається як критерій обґрунтування тих чи інших агротехнічних заходів. У процесі тривалого сільськогосподарського використання чорнозему типового втрачається грудкувато–зерниста структура, зменшується вологоємність, водопроникність [3, с. 32].

Основними факторами, що визначають деградаційний характер структурного стану ґрунтів, є зменшення вмісту органічної речовини (дегуміфікація) та ущільнюючого впливу сільськогосподарської техніки [4, с. 7].

Як свідчать проведені дослідження, В.В. Медведєва [5, с. 10], у формуванні структурного стану орних ґрунтів

особлива роль належить сільськогосподарській техніці. З одного боку, ґрунтообробні знаряддя, активно впливають на ґрунт, сприяють розпаду ґрунтової маси на агрегати, але з іншого боку, внаслідок тиску важкої сільськогосподарської техніки відбувається ущільнення ґрунту. У ході такого впливу руйнується структура ґрунту, підвищується щільність орного та підорного горизонтів, що призводить до погіршення водо- та повітропроникності, зниження нітрифікаційної здатності, і врешті-решт – до зниження врожайності сільськогосподарських культур на 5–20 % і більше. Ущільнення як орного, так і підорних шарів ґрунту носить кумулятивний характер, тобто відбувається накопичення ущільнюючого впливу [6, с. 117; 7, с. 24].

Тому дуже актуальною є проблема комплексного вивчення та оцінки чорнозему на фіксованих об'єктах території.

**Мета статті.** Метою дослідження – провести порівняльне вивчення та комплексну агроекологічну оцінку трансформації чорнозему типового Бугзько-Дніпровського міжріччя за тривалого сільськогосподарського використання.

**Матеріали та методика досліджень.** Для оцінки зміни агроекологічних властивостей чорнозему типового за 20-річний період використання, восени 2003 року було закладено ґрунтові розрізи, з яких відібрано зразки ґрунту на наступних варіантах:

1. Рілля (розріз 1) – польові сівозміни з переважанням зернових, просапних та кормових культур.

2. Рілля (розріз 2) – овочева сівозміна. На модальній ділянці протягом 50 років оброблявся широкий асортимент овочевих культур: капуста, цибуля, морква, столовий буряк, огірок, томат, рання картопля. Зрошення проводилося дощуванням річковою водою (р. Плетений Ташлик), залежно від погодних умов та культури, що обробляється, за вегетаційний період проводили 3–4 поливи з нормою 300–400 м<sup>3</sup>/га.

3. Переліг (розріз 3) – травостій представлений різнотравно-злаковою асоціацією. Для отримання коректніших висновків про зміну агроекологічних властивостей чорнозему типового, порівнювали агроекосистеми з природною екосистемою.

Усі об'єкти, що порівнюються, знаходяться на незначному видаленні один від одного та сформовані в ідентичних умовах ґрунтоутворення.

Вивчення наслідків антропогенного впливу на чорнозем типовий здійснювалося шляхом проведення польових та лабораторних досліджень. У роботі використовували профільний та порівняно – аналітичний методи. Орні варіанти ґрунтів оцінювалися за рівнем зміни морфологічних, фізичних та фізико-хімічних властивостей порівняно з цілинним аналогом.

У польових умовах проводилися морфологічні описи ґрунтових профілів згідно з загальноприйнятими методиками польової діагностики ґрунтів [8, с. 3].

У лабораторії кафедри загального землеробства ЦНТУ визначено гранулометричний, гранулометричний склад, фізико-хімічні, загальні фізичні, водні властивості ґрунтових зразків за загальноприйнятими методиками [9, с. 7]. Статистична обробка отриманих даних проводилася за методикою дисперсійного аналізу [10, с. 49].

**Результати досліджень.** На підставі отриманих даних було встановлено, що чорнозем типовий природних екосистем має значну суму обмінних кальцію і магнію до 48,1 мг-екв./100 г у гумусово – акумулятивному горизонті, з глибиною їх вміст поступово зменшується до 29,50 мг-екв./100 г. У ході різного антропогенного навантаження сума поглинених основ кальцію та магнію зазнала суттєвих змін, переважно негативного характеру [11, с. 83]. Втрати кальцію та магнію в чорноземі типовому польової сівозміни у шарі 0–20 см склали близько 15 %, у шарі 0–40 см до 20 %. Для овочевої сівозміни вміст поглинених кальцію та магнію скоротився в 1,2 рази у орному горизонті. Це узгоджується з повсюдною втратою у тих умовах гумусу [12, с. 21]. Зменшення показника суми поглинених катіонів кальцію та магнію можна пояснити винесен-

ням кальцію врожаєм сільськогосподарських культур, тоді як у цілинному варіанті встановлюється відносно рівноважна система. Водночас частка катіонів в обмінному комплексі ріллі залишається на високому рівні, що свідчить про досить стійкий склад колоїдного комплексу ґрунту. Отримані результати узгоджуються з даними представленими у роботах [13, с. 118; 14, с. 31].

У верхній частині профілю чорнозему типового у складі поглинених катіонів переважає обмінний кальцій до 95 % від суми поглинених кальцію і магнію, в нижніх горизонтах збільшується частка магнію (див. рис. 1).

Вміст магнію та досить вузьке співвідношення кальцію до магнію в нижніх горизонтах ґрунтового профілю, мабуть, пояснюється особливостями складу ґрунтоутворюючих порід і міцним його поглинанням мінеральними колоїдами, що утворюються при ґрунтоутворенні, а також меншою активністю цього іона до обміну [15, с. 67]. Співвідношення кальцію до магнію знизилася з 8:1 до 6:1.

До того ж у чорноземах відбувається трансформація як органічної, так і мінеральної частини. Тому частина магнію може звільнитися та переходити з кристалічних решіток мінералів в обмінний стан.

Відомо, що обмінний кальцій накопичується в найбільш гумусованій частині профілю чорнозему типового, насамперед за рахунок біогенних процесів, тоді як вміст обмінного магнію тут незначний і він, як правило, відіграє другорядну роль в обмінних процесах. Можна сказати, що обмінний кальцій виступає як сполучна ланка між гумусовими кислотами та поверхнею ґрунтових частинок. Це супроводжується утворенням органічно-мінеральних адсорбційних комплексів, які відіграють важливу роль у формуванні ґрунтового вого комплексу. Окрім того, обмінні катіони є резервом елементів живлення, так як їх легко поглинають кореневі системи. При

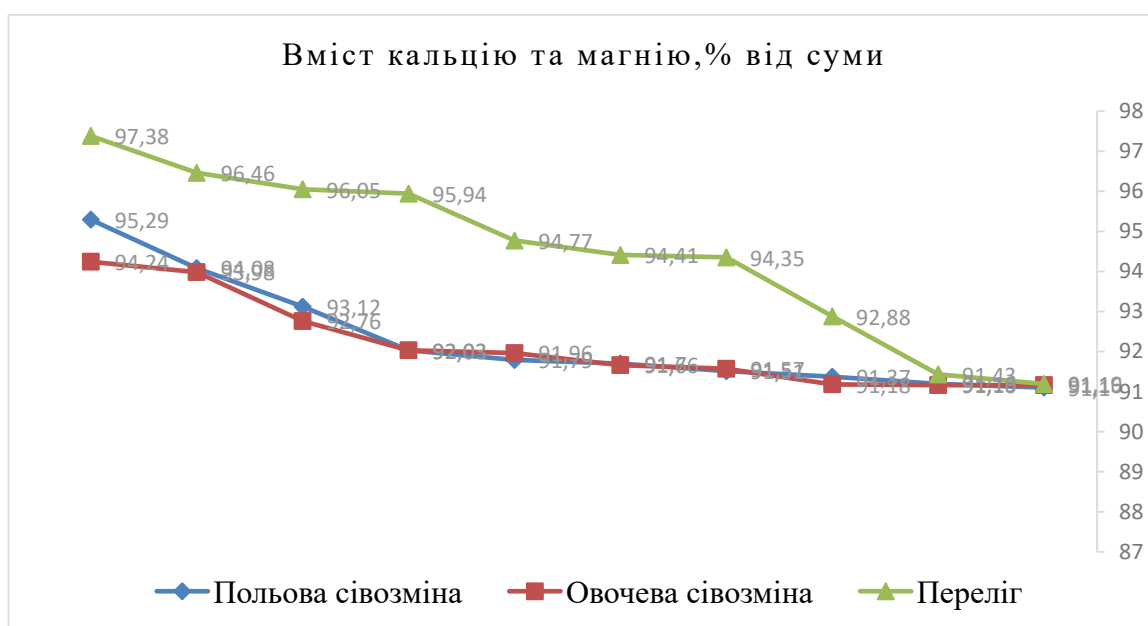


Рис. 1. Вміст поглинених кальцію та магнію, % від суми

повному насиченні кальцієм ґрунтового вбирного комплексу в ньому зберігаються сприятливі умови для росту та розвитку культурних рослин. Високий вміст гумусу (до 6 %) та важкосуглинковий гранулометричний склад типового чорнозему визначають високий ступінь насиченості їх основами (до 97 %).

Вивчення реакції ґрунтового розчину має важливе значення для розуміння ґрунтоутворювального процесу та родючості ґрунту (див. табл. 1). З реакцією ґрунтового розчину тісно пов'язані життєдіяльність ґрунтової мікрофлори, процеси перетворення мінеральної та органічної частин ґрунту: розчинення речовин, дисоціація, виникнення та стійкість комплексних сполук, а, отже, міграція та акумуляція речовин у ґрунтового профілі [16, с. 86].

Порівнюючи реакцію ґрунтового розчину зі складом обмінних катіонів, варто відзначити, що у складі обмінних катіонів лише кальцій і магній забезпечують чорноземам типовим нейтральну реакцію рН 6,5–7,1, яка є оптимальною для росту та розвитку більшості сільськогосподарських культур. У карбонатних горизонтах реакція стає лужною та значення показника рН збільшується до 7,6.

У верхньому горизонті цілинного чорнозему відзначено деяке підкислення ґрунтового розчину в порівнянні з орними варіантами, цілком ймовірно за рахунок впливу природної рослинності. На думку деяких авторів, різотравно – злакова асоціація природних екосистем за рахунок виділення двоокису вуглецю, вибіркового

поглинання катіонів та різного хімічного складу кореневих та надземних залишків впливають на фізико-хімічні властивості ґрунту [17, с. 495]. За спостереженнями Богдановича Р. П. та Радомського Ю. А. [18, с. 86] актуальна кислотність ґрунту під різними природними рослинними угрупованнями варіює в досить широких межах. Це зумовлено не тільки впливом кислотності ґрунту на склад та будову рослинних угруповань, а й зворотним впливом рослинної спільноти на рН ґрунтового розчину.

У зміні останнього активну участь беруть кореневі виділення рослин та ґрунтові мікроорганізми, що руйнують відмерлі рослинні залишки. Хоча поки що достатньо ясно, що тут має вирішальне значення – кореневі виділення або продукти розкладання рослинних залишків.

Наведені дані дозволяють стверджувати, що тривале сільськогосподарське використання чорнозему типового помітно відбивається на фізико-хімічних властивостях: зменшується вміст поглиненого кальцію, зростає співвідношення кальцію до магнію. Після багаторічного помірного зрошення річковою водою ґрунтовий розчин типового чорнозему відрізняється слабколужною активною реакцією. Це, на думку Цвей Я. П. [19, с. 6] пов'язане з активізацією процесів утворення бікарбонатів та їх вертикальною міграцією.

Зменшення обмінного кальцію не могло не вплинути на структурний стан, оскільки гумати кальцію склеюють механічні елементи в агрегати та надають їм водоміцності.

Таблиця 1

## Фізико-хімічні властивості чорнозему типового

Глибина відбору зразків, см	2003 рік				2023 рік			
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Сума Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	рН водної суспензії	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Сума Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	рН водної суспензії
Розріз 1. Польова сівозміна, без зрошення								
0-10	29,52	3,43	32,95	7,02	22,52	4,05	26,57	6,74
10-20	23,19	2,37	25,56	7,07	19,08	4,12	23,13	6,98
20-30	19,02	4,05	23,07	7,12	16,64	4,10	20,74	7,03
30-40	16,76	5,00	21,76	7,19	12,09	3,86	15,95	7,15
40-50	15,50	4,63	20,13	7,25	10,15	4,03	14,18	7,26
50-60	14,05	4,10	18,15	7,28	10,05	4,50	14,55	7,24
Розріз 2. Овочева сівозміна, з зрошенням								
0-10	38,40	5,78	44,18	6,60	28,56	5,12	33,68	7,26
0-10	38,40	5,78	44,18	6,60	28,56	5,12	27,86	7,26
20-30	19,76	4,12	23,88	6,50	19,02	4,18	23,20	7,38
30-40	16,10	4,25	20,35	7,05	16,85	4,36	21,21	7,42
40-50	13,63	5,17	18,80	7,12	11,44	5,26	16,7	7,48
50-60	10,60	5,40	16,0	7,18	10,28	5,14	15,42	7,64
Розріз 3 Природна екосистема, переліг								
0-10	-	-	-	-	43,7	4,40	48,10	6,07
10-20	-	-	-	-	43,18	3,54	46,70	6,28
20-30	-	-	-	-	35,92	4,60	40,52	7,12
30-40	-	-	-	-	32,17	3,97	36,14	7,23
40-50	-	-	-	-	23,12	6,38	29,50	7,24
50-60	-	-	-	-	20,64	4,19	24,83	7,30
НІР <sub>0,05</sub>	-	-	-	-	1,42	1,78	1,90	0,09

За результатами досліджень в ґрунтах чорноземного типу [20, с. 16] встановлено, що при тривалому антропогенному впливі на чорноземи із застосуванням різних прийомів обробітку ґрунту, процес руйнування агрегатів врівноважується процесами їх відновлення, сам агрегатний склад на полях сівозміни досить стійкий. Кількісний та якісний склад макроструктурних часточок ґрунту значною мірою визначає стійкість ґрунту до деградаційних процесів. Однак, наші власні дослідження вказують на переважання в ґрунті власне деградаційних процесів [17, с. 496].

Попри те, що вивченню структурно-агрегатного стану чорнозему типового присвячено чимало робіт [2, с. 13; 3, с. 72; 6, с. 122], актуальність подібних досліджень ані трохи не зменшується, оскільки без знання зміни структурно-агрегатного стану неможливе цілеспрямоване керування умовами ефективної родючості.

Відомо, що із структурою твердої фази ґрунту тісно пов'язана структура шпарин. У порах відбуваються всі фізичні, хімічні та біологічні процеси. Вода, що надходить, перерозподіляється в ґрунтового профілю та створює необхідні запаси для рослин. Зміна структурно-агрегатного стану неодмінно позначиться інфільтраційної здатності ґрунту, що сприяє посиленню або зниженню ерозії. Збільшення розміру агрегатів сприяє захисту родючого шару як від ерозії, так і дефляції.

Необхідно пам'ятати той факт, що структура ґрунтів впливає на проростання насіння, зростання та поширення коренів рослин. По суті, тільки через структуру можна керувати загальними фізичними властивостями ґрунтів, а також процесами, що протікають в них.

Чорнозем типовий природної екосистеми характеризується гарною структурою, в ньому переважають агрегати розміром 1–3 мм, що становить 38 % від загальної маси повітряно-сухого ґрунту (див. табл. 2).

При тривалому сільськогосподарському використанні чорнозему типового спостерігається істотна зміна його структурно-агрегатного стану. Структурний склад орного шару при сухому просіюванні має свої

особливості у староорних чорноземів. Вміст брилистої фракції (грудки > 10 мм) за більш ніж тридцятирічний період збільшився на 17,6 %. Кількість агрономічно цінних агрегатів (0,25–10 м) становить 68,9 %. Вміст пилу (< 0,25 мм) у шарі 0–40 см збільшився незначно.

Відповідно до зростання брилистої фракції відмічене зменшення кількості агрономічно цінних агрегатів та коефіцієнта структурності. Максимальне руйнування зазнали агрегати розміром від 1–5 мм, вміст яких зменшився на 18 %. Кількість найбільш цінних агрегатів розміром 1–3 мм у шарі 0–40 см зменшилась на 15 %. Більш істотні зміни структурного стану відзначені в зрошуваному чорноземі під час обробітку овочевих культур. В ньому вміст глибистої фракції зростає в орному шарі на 17 %, в підорному 15 %, що супроводжується формуванням великих грудок і безформних брил, які сильно погіршують водно-повітряний режим чорноземів та призводить до утворення кірки після випадання опадів та зрошення. Зменшення кількості агрономічно цінних агрегатів за різного антропогенного навантаження супроводжується формуванням у посушливий період практично постійної системи вертикальних шпарин. Зменшення вмісту гумусу та обмінного кальцію суттєво вплинуло на деагрегацію чорноземів, оскільки утворення структурних часточок пов'язане з коагуляцією та цементуючою дією гуматів кальцію. У ґрунтах коагуляція колоїдів відбувається переважно під впливом іонів-коагуляторів, таких як кальцій, магній, алюміній. Адсорбуючись у підорному шарі вони зменшують величину заряду колоїдів, які коагулюють і злипаються один з одним з утворенням мікро агрегатів. Для оцінки структурного стану ґрунту використовується коефіцієнт структурності ( $K_c$ ) – відношення суми агрономічно цінних та нецінних агрегатів [21, с. 175].

Структурний стан чорнозему типового агроекосистем знаходиться на досить високому рівні ( $K_c > 1$ ) як в орному, так і підорному горизонтах. Особливо привертає увагу висока оструктуреність гумусового горизонту

Таблиця 2

## Структурний склад чорнозему типового

Роки	Глибина відбору зразка, см	Розмір агрегатів, мм								Коефіцієнт структурності
		Фракційний вміст, % від маси повітряно-сухого ґрунту								
Розріз 1. Польова сівозміна, без зрошення										
2003	0-20	15,3	7,2	13,8	13,4	23,2	9,0	8,0	10,1	2,9
	20-40	16,8	6,2	10,3	10,6	20,4	9,7	12,3	13,5	2,3
2023	0-20	17,6	10,2	14,0	9,6	21,0	8,2	5,9	13,5	2,2
	20-40	18,9	9,4	12,2	7,6	18,6	6,5	10,8	15,9	1,8
Розріз 2. Овочева сівозміна, з зрошенням										
2003	0-20	22,6	13,0	9,9	6,5	9,9	9,3	10,1	18,6	1,4
	20-40	24,6	13,5	12,8	8,5	11,1	8,4	8,3	12,8	1,7
2023	0-20	27,9	11,1	14,1	8,7	10,0	4,3	7,1	19,8	1,1
	20-40	28,7	12,7	9,8	7,7	10,8	5,4	7,9	16,9	1,2
Розріз 3 Природна екосистема, переліг										
2023	0-20	10,8	14,5	13,0	13,5	24,7	6,0	8,9	8,5	4,1
	20-40	15,3	6,2	6,3	8,8	25,6	4,9	16,8	9,3	3,1

природної екосистеми, Кс дорівнює 4,1. В результаті тривалого сільськогосподарського використання коефіцієнт структурності знижується до 2,2 в чорноземах польової сівозміни без зрошення та до 1,2 – для овочевої зрошуваної сівозміни. Згідно з шкалою, що характеризує екологічну оцінку структурного стану ґрунту, чорнозем типовий природної екосистеми має відмінний стан, агроекосистеми польової сівозміни – добрий, а овочевої – задовільний [3, с. 33].

Достовірніші висновки про структурний стан дозволяють зробити дані про вміст водоміцних агрегатів. Відомо, що при вмісті водоміцних агрегатів понад 0,25 мм 40 % і більше, створюється свого роду основа, яка визначає оптимальну щільність ґрунту та сприяє збереженню її протягом тривалого часу. При вмісті агрегатів > 0,25 мм нижче за цей рівень ґрунт деагрегується, швидко ущільнюється після оранки, фізичні властивості його, особливо повітря- та водопроникність, погіршуються.

У наших дослідженнях встановлено, що за тривалого сільськогосподарського використання чорнозему типового істотно знижується кількість водоміцних агрегатів (див. табл. 3). Про кількість водоміцних агрегатів можна робити висновки за даними мокрого просіювання. Наявність великої кількості агрегатів менше 0,25 мм в кількості >50 %, свідчать про низький рівень агрегованості ґрунту.

Отримані нами дані узгоджуються із даними Леонець В.О. [12, с. 25], які при вивченні впливу тривалої оранки на структуру чорнозему типового встановили, що в ґрунтах агроекосистем порівняно з природними екосистемами кількість водоміцних агрегатів знижується з 52 до 13 %.

Результати мокрого просіювання показують, що при тривалому антропогенному навантаженні кількість мікроагрегатів в орному горизонті скорочується, а вміст пилуватих фракцій при розмоканні агрегатів збільшується. Водоміцність структури орного шару становить 39 %, що нижче оптимального рівня, в підорному горизонті на глибині 20–40 см кількість водоміцних агрегатів досягає 55 % – типових значень для чорноземів та слугує хорошим резервом для покращення структури орного шару. У зрошуваному чорноземі кількість водо-

міцних агрегатів у орному шарі становила лише 17 %, в підорному 32 %.

Інтенсивний механічний обробіток орного шару призвів до зниження вмісту водоміцних агрегатів більше 0,25 мм у шарі 0–20 см. На частку найцінніших агрегатів 1–3 мм припадає лише 8,5 % у польовій сівозміні без зрошення та 6,5 % у чорноземі типовому овочевої зрошувальної сівозміни, основна маса представлена мікроагрегатами розміром менше 0,25 мм, вміст неагрегованого матеріалу становить 11,8 %, що створює сприятливі умови для розвитку ерозії та дефляції.

Підорні горизонти відрізняються вищим вмістом водоміцних агрегатів, краща оструктуреність якого пояснюється відсутністю прямого антропогенного впливу безпосередньо на цей шар. Коефіцієнт водоміцності агрегатів чорноземів типових для природних екосистем становив 0,9. Залежно від рівня антропогенного навантаження він знизився до 0,6 в зрошуваному та 0,4 в зрошуваному варіантах агроекосистем. Руйнування структури агроекосистем відбувається внаслідок багаторазового та інтенсивного впливу на ґрунт важкої сільськогосподарської техніки, а також після поливів дощуванням. При дії техніки на сухий ґрунт відбувається розпорошення структури. Після випадання атмосферних опадів та дощування такий ґрунт запливає, а при подальшому зневодненні формуються великі грудки та безформні брили.

Показник низької водоміцності агрегатів орного горизонту та різниця з даними 2003 року свідчать про структурну деградацію староорних і особливо зрошуваного чорнозему типового, що призводить до зменшення водопоглинальної здатності, зниження кількості доступної рослинам вологи, зменшення шару активного вологообігу.

Важливою умовою зменшення наслідків механічної руйнації ґрунтових агрегатів є скорочення кількості обробок. Інший фактор поліпшення структурного стану – більше надходження біогенних елементів, коренів та корневих виділень, що зв'язують механічні елементи в агрегати, стерня оберігає ґрунт від висушування та руйнівної дії атмосферних опадів.

Тому необхідний моніторинг структурного стану орного шару ґрунтів агроекосистем, оскільки за подаль-

Таблиця 3

**Вміст водоміцних агрегатів у чорноземі типовому**

Варіанти, рік	Глибина відбору зразка, см	Розмір агрегатів, мм. Вміст фракції, %					
		>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
Польова сівозміна без зрошення, 2003	0-20	3,5	6,9	12,6	9,44	18,6	48,40
	20-40	6,4	5,4	6,1	7,16	20,4	54,54
Польова сівозміна без зрошення, 2023	0-20	2,6	3,5	10,6	8,2	14,8	60,0
	20-40	8,4	5,2	10,0	6,0	20,0	48,0
Овочева сівозміна з зрошенням, 2003	0-20	1,6	3,4	8,3	4,1	10,1	72,5
	20-40	1,1	1,8	6,8	4,7	19,0	66,6
Овочева сівозміна з зрошенням, 2023	0-20	0,8	1,0	6,0	3,0	6,0	83,2
	20-40	1,2	1,6	6,0	4,0	19,6	67,6
Переліг	0-20	5,5	8,2	15,3	10,1	15,6	45,3
	20-40	4,8	8,6	10,5	6,9	20,7	48,5

шого розвитку зазначених негативних тенденцій можуть погіршуватися функціонально пов'язані фізичні властивості (щільність та пористість).

**Висновки.** Тривале сільськогосподарське використання чорнозему типового вплинуло на агроекологічні властивості ґрунту. Спостерігається погіршення структури. Більш інтенсивні зміни виявлені в зрошуваному чорноземі, у ньому також відмічено зниження межі закипання.

У незрошуваному чорноземі, за більш ніж тридцятирічний період, відбулося зниження поглинутих катіонів на 16 %, у а зрошуваному втрати склали 20 %. У порівнянні з природною екосистемою сума обмінних кальцію та магнію зменшилася в 1,5 рази, при цьому власне частка кальцію знизилася з 89 % в природних екосистемах ціліні до 80 % в агроекосистемах. Спостерігається зміщення рівня рН у лужний бік ґрунтового розчину при зрошенні.

Тривалий антропогенний вплив виявився у збільшенні брилистості, деагрегації ґрунтової маси, руйнуванні структури верхньої частини профілю, зменшенні кількості агрономічно цінних агрегатів на 18 %, зниженні коефіцієнтів структурності з 4,1 до 1,4.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. 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.
2. 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.
3. Носко Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів. Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». Харків: Вид. «13 типографія», 2006, 239 с.
4. Тихоненко Д. Г. Головні закономірності розвитку агрогенних ґрунтів України. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*, 2015, № 2, С. 6–9.
5. Медведєв В. В. Нормативи утворення і збереження структури ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 3. С. 9–13.
6. Циліурік О. І., Чорна В. І., Гаврюшенко О. О. та ін. 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.
7. Позняк С. П. Актуальні проблеми ґрунтознавства і географії ґрунтів. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 2017. 272 с.
8. Якість ґрунту. Польовий опис ґрунту (ISO 25177:2008, IDT): ДСТУ ISO 25177:2015. [Чинний від 2016-04-01]. Харків: Технічний комітет стандартизації ТК 142 «Ґрунтознавство», 2016. 9 с. (Національні стандарти України).

9. Органічна речовина ґрунту: ДСТУ 4289 (ДСТУ 4289:2004). – [Чинний від 2004-04-30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
10. Яровий А. Т., Страхов Є. М. Багатовимірний статистичний аналіз : начальнo-методичний посібник для студентів математичних та економічних фахів. Одеса: Астропринт, 2015. 132 с.
11. 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.
12. Леонєць В. О. Екологічні наслідки сучасної деградації природних і антропогенних ландшафтів та основні напрямки охорони земель. *Землепорядний вісник*. № 3. Київ, 1998. С. 15–30.
13. Brevik E. C. at. al. The inter disciplinary nature of soil. *SOIL*. 2015. 1. pp. 117–129.
14. Чорний С. Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с.
15. Попірний 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.
16. Ковальов М. М., Семетківська Т. О. Причини низької ефективності хімізації землеробства в умовах чорноземної зони України. *Вісник ХНАУ: Зб. наук. пр. / Харк. націон. аграр. ун-т*. 2014. № 2. С. 84–90.
17. Ковальов М. М., Топольний Ф. П., Переушільнення ґрунтів – проблема сьогодення зб. наук. ст. III-го Всеукр. з'їзду екологів з міжнар. участю [Екологія – 2011], (21–24 верес., 2011р.) Вінниця, 2011. Т.2. С. 493–496.
18. Богданович Р. П., Радомський Ю. А. Зміни у структурно-агрегатному складі ґрунту при виведенні його з сільськогосподарського використання. *Вісник Харківського нац. аграрного ун-ту. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2013. № 1. С. 85–88.
19. Цвей Я. П. Вплив системи удобрення на структуру ґрунту. *Цукрові буряки*. 2002. № 4. С. 5–7.
20. Бережняк М. Ф., Бережняк Є. М., Колісниченко О. М. Структурно-агрегатний стан чорноземних ґрунтів за різного їх використання. Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. випуск до VI з'їзду УТГА: Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України. Книга друга. Харків, 2010. С. 16–17.
21. Примак І., Рижук С. Маловідомі факти наукової спадщини академіка В. Р. Вільямса. *Історія української науки на межі тисячоліть: Зб. наук. праць*. К., 2005. Вип.20. С. 173–183.

#### REFERENCES:

1. Topolnyi F., Topolnyi S. (2006). Grunty yak komponenty landshaftu: pro-blemy henezy i klasyfikatsii [Soils as landscape components: problems of genesis and classification]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu: zbirnyk naukovykh prats – Scientific bulletin of Chernivtsi University: collection of scientific works*, 318, 110–116 [in Ukrainian].
2. Kanivets O. M. (2016). *Oznaky ta prychny pohirshennia rodiiuchosti gruntiv. Na-tSIONalne vyrobnytstvo y ekonomika v umovakh reformuvannia: stan i perspek-*

- tyvy innovatsiinoho rozvytku ta mizhrehionalnoi intehratsii [Signs and causes of deterioration of soil fertility. National production and economy in the conditions of reform: state and prospects of innovative development and interregional integration]. Ternopil: Krok [in Ukrainian].
3. Nosko B. S. (2006). *Antropohenna evoliutsiia chornozemiv. Natsionalnyi nauko-vyi tsentr «Instytut gruntoznavstva ta ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho» [Anthropogenic evolution of chernozems]*. Kharkiv: «13 typohrafiia» [in Ukrainian].
  4. Tykhonenko D. H. (2015). Holovni zakonornosti rozvytku ahrohennykh gruntiv Ukrainy [The main regularities of the development of agrogenic soils of Ukraine]. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchaeva, Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimii, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv» – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaeva, Ser. «Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry, soil ecology»*, 2, 6–9 [in Ukrainian].
  5. Medvediev V. V. (2010). Normatyvy utvorennia i zberezhenia struktury gruntu [Standard of formation and conservation of soil structure]. *Visnyk ahrarnoi nauky – News of agrarian sciences*, 3, 9–13 [in Ukrainian].
  6. Tsyliuryk O. I., & Chorna V. I., & Havriushenko O. O. et al. (2021). Zmina ahrofizychnykh vlastyvostei chornozemu zvychainoho pid vplyvom obrobitku gruntu v sivozmini ta na rekultyvovanykh zemliakh v umovakh Stepu Ukrainy [Changes in the agrophysical properties of ordinary chernozem under the influence of tillage in crop rotation and on reclaimed lands in the conditions of the Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury – Cereal crops*, 1, 115–124. [in Ukrainian].
  7. Pozniak S. P. (2017). *Aktualni problemy gruntoznavstva i heohrafii gruntiv [Actual problems of soil science and soil geography]*. Lviv: LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].
  8. Iakist gruntu. Polovyi opys gruntu (2004). *ISO 25177:2008, IDT: DSTU ISO 25177:2015 from 1<sup>st</sup> April 2016*, Kyiv: Natsionalni standarty Ukrainy [in Ukrainian].
  9. Orhanichna rehovyna gruntu [Soil organic matter]. (2005). *DSTU 4289-2004 from 30<sup>th</sup> April 2004*, Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine [in Ukrainian].
  10. Yarovy A. T., Strakhov Ye. M. (2015). *Bahatovymirnyi statystychnyi analiz : nachalno-metodychnyi posibnyk dlia studentiv matematychnykh ta ekonomichnykh fakhiv [Multivariate statistical analysis: an introductory methodological guide for students of mathematics and economics]*. Odesa: Astroprint [in Ukrainian].
  11. Kovalov M. M., & Topolnyi F. P., & Malakhovska V. O. (2023). Orhanichna rehovyna gruntu pid vplyvom tryvaloho silskohospodarskoho vykorystannia [Soil organic matter as affected by long-term agricultural use] *Ahrarni innovatsii Retsenzovanyi naukovyi zhurnal - Agricultural Innovations Peer-reviewed scientific journal*. 17, 81–87 [in Ukrainian].
  12. Leonets V. O. (1998). Ekolohichni naslidky suchasnoi dehradatsii pryrodnykh i antropohennykh landshaftiv ta osnovni napriamky okhorony zemel [Ecological consequences of modern degradation of natural and anthropogenic landscapes and the main directions of land protection]. *Zemlevporiadnyi visnyk – Land Management Herald*, 3, 15–30 [in Ukrainian].
  13. Brevik E. C. et al. The inter disciplinary nature of soil. *SOIL*. 2015. 1. pp. 117–129
  14. Chornyi, S. H. (2018). *Otsinka yakosti gruntiv: navchalnyi posibnyk [Assessment of soil quality: a study guide]*. Mykolaiv: Mykolaiv National Agrarian University [in Ukrainian].
  15. Popirnyi, M. A. (2016). Zmina yakisnykh i spektroskopichnykh kharakterystyk orhanichnoi rehovyny chornozemu typovoho za riznykh system obrobitku gruntu [Changes in qualitative and spectroscopic characteristics of organic matter of typical chernozem under different tillage systems]. *Visnyk ahrarnoi nauky - Herald of Agrarian Science*. 7, 65–68 [in Ukrainian].
  16. Kovalov M. M., Semetkivska T. O. (2014). Prychyny nyzkoi efektyvnosti khimi-zatsii zemlerobstva v umovakh chornozemnoi zony Ukrainy [Reasons for the low efficiency of agricultural chemicalization in the conditions of the black earth zone of Ukraine.]. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchaeva, Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimii, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv» – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaeva, Ser. «Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry, soil ecology»*, 2, 84–90 [in Ukrainian].
  17. Kovalov, M. M., Topolnyi, F. P. (2011). Pereushchilnennia gruntiv – problema sohodennia [Soil compaction is a problem today]. Proceedings from: *III Vseukr. zizdu ekolohiv z mizhnar. uchastiu – The Third All-Ukrainian congress of ecologists from the international participation*. (pp. 493–496). Vinnytsia: Vinnytsia National Technical University [in Ukrainian].
  18. Bohdanovych R. P., & Radomskyi Yu. A. (2013). Zminy u strukturno-ahrehatnomu skladi gruntu pry vyvedenni yoho z sils-kohospodarskoho vykorystannia [Changes in the composition of soil aggregations of the soil taken out of plowed]. *Visnyk Kharkivskoho nats. ahraroho un-tu. Ser. Gruntoznavstvo, ahrokhimii, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Seria Soil science, agrochemistry, farming, forestry*, 1, 85–88 [in Ukrainian].
  19. Tsvei Ya. P. (2002). Vplyv systemy udobrennia na strukturu gruntu [The influence of the fertilization system on the soil structure]. *Tsukrovi buriaky – Sugar beets*, 4, 5–7 [in Ukrainian].
  20. Berezhniak M. F., & Berezhniak Ye. M., & Kolisnichenko O. M. (2010). Strukturno-ahrehatnyi stan chornozemnykh gruntiv za riznoho yikh vykorystannia [Structural and aggregate state of chernozem soils for their various uses]. *Ahrokhimii i gruntoznavstvo. Spets, vypusk do VI zizdu UTHA: Gruntoznavstvo ta ahrokhimii na shliakhu do staloho rozvytku Ukrainy – Agrochemistry and soil science. Special issue for the 6th Congress of UTHA: Soil science and agrochemistry on the way to sustainable development of Ukraine*, 2, 16–17 [in Ukrainian].
  21. Prymak I., & Ryzhuk S. (2005). Malovidomi fakty naukovoi spadshchyny akademika V.R. Viliamsa. Istoriiia ukrainskoi nauky na mezhi tysiacholit [Little-known facts of the scientific heritage of Academician V.R. Williams. The history of Ukrainian science on the verge of millennia]. *Zb. nauk. prats – Coll. of science works*, 20, 173–183 [in Ukrainian].

Ковальов М.М., Медведєва О.В., Кропивний В.М., Мірзак Т.П. Трансформація чорнозему типового в результаті сільськогосподарського використання

Розвиток деградаційних процесів, які відбулися в чорноземі типовому під впливом тривалого сільськогосподарського використання закономірно позначилися на їх структурно-агрегатному складі та фізико-хімічних властивостях. **Метою** проведення порівняльного вивчення та комплексної агроекологічної оцінки трансформації чорнозему типового Бугзько-Дніпровського міжріччя за тривалого сільськогосподарського використання. **Методи.** В процесі виконання роботи використовувались загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: порівняльно-географічний, порівняльно-профільно-генетичний (відбір ґрунтових зразків пошарово); порівняльно-аналітичний (фізико-хімічні та агрохімічні дослідження, порівняльно-розрахунковий і статистичний (математична і статистична обробка експериментальних даних). **Результати.** Результати проведених досліджень в природно-кліматичних умовах Бугзько-Дніпровського міжріччя дали змогу виявити деградаційні процеси трансформації потенційної ґрунтової родючості чорнозему типового при порівнянні даних стаціонарних модульних ділянок за тридцятирічний період. Встановлено кількісні та якісні зміни його властивостей у результаті тривалого сільськогосподарського використання. Виявлено причини, що визначають зміни морфологічних, фізико-хімічних, агрофізичних властивостей за умов тривалого використання чорнозему в різних типах агроєкосистем. Показано вплив рівня антропогенного навантаження на основні агроекологічні властивості чорнозему типового.

**Висновки.** Комплексний аналіз отриманих значень агроекологічних властивостей чорнозему типового виявив деградаційні зміни в агроєкосистемах. Більш виражені ці зміни спостерігалися в зрошуваних відмінах чорнозему типового, в яких чітко простежується зниженні стійкості мікроструктури та вмісту водостійких агрегатів. У незрошуваних чорноземах поглинені катіони зменшилися в середньому на 16 % за 20 років, тоді як у зрошуваних ґрунтах цей показник становив 20 %. Кількість обмінного кальцію та магнію зменшилася в 1,5 рази, в ґрунтах агроєкосистем у порівнянні з цілинним аналогом. В умовах зрошення рівень кислотність ґрунтового розчину змістилася в лужний бік. Тривале сільськогосподарське використання чорнозему типового призвело до посилення деагрегації, руйнування структури в ґрунтовому профілі, зменшення кількості агрономічно цінних агрегатів на 18 %, зниження коефіцієнту структурності з 4,1 до 1,4.

**Ключові слова:** чорнозем типовий, антропогенна трансформація, кислотність, кальцій, магній, структурність.

Kovalov M.M., Medvedieva O.V., Kropivnyi V.M., Mirzak T.P. Transformation of typical chernozem as a result of agricultural use

The development of degradation processes that took place in typical chernozem under the influence of long-term agricultural use naturally affected their structural and aggregate composition and physical and chemical properties. **Purpose.** The purpose of conducting a comparative study and comprehensive agro-ecological assessment of the transformation of black soil of the typical Bugz-Dnieper interfluvium under long-term agricultural use. **Methods.** In the process of performing the work, general scientific and special research methods were used: comparative-geographical, comparative-profile-genetic (selection of soil samples layer by layer); comparative-analytical (physico-chemical and agrochemical studies, comparative-calculation and statistical (mathematical and statistical processing of experimental data).

**The results.** The results of the research conducted in the natural and climatic conditions of the Bugzka-Dnieper watershed made it possible to identify the degradation processes of transformation of the potential soil fertility of typical chernozem when comparing the data of stationary modular plots over a thirty-year period. Quantitative and qualitative changes in its properties as a result of long-term agricultural use have been established. The reasons determining changes in morphological, physicochemical, agrophysical properties under the conditions of long-term use of chernozem in various types of agroecosystems have been revealed. The influence of the level of anthropogenic load on the main agro-ecological properties of typical chernozem is shown. **Findings.** A comprehensive analysis of the obtained values of agro-ecological properties of typical chernozem revealed degradation changes in agro-ecosystems. These changes were more pronounced in irrigated variations of typical chernozem, in which a decrease in the stability of the microstructure and the content of water-resistant aggregates is clearly visible. In non-irrigated chernozems, absorbed cations decreased by an average of 16 % over 20 years, while in irrigated soils this figure was 20 %. The amount of exchangeable calcium and magnesium decreased by 1.5 times in the soils of agro-ecosystems compared to the virgin analogue. Under irrigation conditions, the acidity level of the soil solution shifted towards the alkaline side. Long-term agricultural use of typical chernozem led to increased de-aggregation, destruction of the structure in the soil profile, a decrease in the number of agronomically valuable aggregates by 18 %, and a decrease in the coefficient of structure from 4.1 to 1.4.

**Key words:** typical chernozem, anthropogenic transformation, acidity, calcium, magnesium, structure.