

УДК 631.434

© 2019

СТРУКТУРНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМУ ЗА ДОВГОСТРОКОВОЇ ПОСТАГРОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

О.В. Демиденко

*доктор сільськогосподарських наук
Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція
ННЦ «Інститут землеробства НААН»
вул. Докучаєва, 13, с. Холоднлянське Смілянського р-ну
Черкаської обл., 20731, Україна
e-mail: smilachiary@ukr.net*

Надійшла 22.10.2019

Мета. Виявити основні закономірності трансформації та нормативні параметри зміни структурного стану чорноземів Лісостепової зони за довгострокового постагrogenного стану за результатами сухого просіювання зразків ґрунту та статистичного аналізу отриманих даних із застосуванням методу головних компонент, факторного і непараметричного аналізів. **Методи.** Лабораторно-аналітичний, експериментально-польовий, статистичний. **Результати.** Виконане статистичне опрацювання результатів аналізу сухого просіювання структури чорноземів у довгостроковому постагrogenному стані демонструє перспективність застосування факторного, кластерного та непараметричного методів аналізу. Важливу роль у відновленні структури чорноземів відіграє сукупність структурних окремоостей розміром 3,0–0,5 мм, з якою щільність будови у гумусовому горизонті має обернений, а з умістом гумусу прямий кореляційний зв'язок. Проведена кластеризація свідчить, що утримання представлених чорноземів у стані цілини та довгострокових перелогів — це виокремлені та не подібні між собою стани ґрунтових об'єктів, але є загальна закономірність утворення сукупності структурних окремоостей 3,0–0,5 мм як у чорноземів у стані цілини, вміст яких перевищує 40–50% від умісту окремоостей в агрономічно цінному інтервалі. **Висновки.** Чорноземи агроценозів після виведення з сільськогосподарського обігу вступають у складний процес самовідновлення у напрямі до цілинного зонального типу. В ході постагrogenної еволюції відбувається накопичення вмісту загального гумусу і поступово відновлюється структурна організація колишнього орного шару. В перші 20–25 років спостерігається помітне збільшення частки макроагрегатів, зокрема агрономічно цінних, і відповідне зниження кількості мікроагрегатів, що свідчить про поліпшення агрономічних властивостей переложних чорноземів. Усі чорноземи представленого переложного ряду відповідно до кількості агрономічно цінних агрегатів характеризуються як відмінні, а динаміка зростання коефіцієнта структурності посилюється з віком перелогу в напрямі до цілини.

Ключові слова: цілина, Лісостепова зона, сухе просіювання, структурні окремоості, гумусний горизонт, зональний тип.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-02>

Чорноземи історично були цікавим об'єктом вивчення у генетичному ґрунтознавстві, маючи потужний гумусований горизонт з зернисто-мілкогрудкуватою структурою. В природних умовах завдяки унікальному поєднанню базових морфогенетичних властивостей, фізичних режимів і біохімічних процесів — це еталонний зразок стійкої і самовідновної родючості [1]. Походження, формування, стійкість структурних окремоностей і, навпаки, втрата агрегатної структури, її деградація — процеси, що і безпосередньо зачіпають складні фундаментальні фізико-хімічні та біологічні властивості чорноземів, і водночас актуально практичні.

Аналіз досліджень і публікацій. Структура чорноземів впливає на фундаментальний цикл вуглецю [2], родючість, стан навколишнього середовища та режими гумусу в чорноземах [3–11]. Структурний склад чорнозему є результатом спільної дії різних фізико-хімічних, біологічних і фізичних процесів ґрунтотворення та однією з основних якісних ознак чорнозему [12]. Від того, якою буде частка представлених великих і дрібних структурних окремоностей, залежать усі фундаментальні властивості чорнозему, всі основні процеси, які визначають його внутрішнє життя і функції у біосфері [13–15]. Чорноземи, в яких переважають макроагрегати, як правило, містять більше органічних і поживних речовин, вони менш сприйнятливі до ерозії і мають оптимальні фізичні режими [13–16].

Закидання орних чорноземів у переліг супроводжується зняттям сільськогосподарського навантаження і запуском складного процесу відтворення як зонального рослинного покриву, так і ґрунтової родючості — перелогову сукцесію [17], яка супроводжується порівняно швидкою диференціацією гумусового горизонту, утворюючи дернину на поверхні і органо-мінеральні горизонти [18–19]. Підорний шар поступово трансформується у напрямі відповідного за глибиною горизонту цілинного фонового чорнозему [20–25].

Найпростіший метод кількісної оцінки структури — це просіювання повітряно-сухого ґрунту через набір сит різних розмірів. У практиці зазвичай використовують сита із розмірами 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0;

4,0; 5,0; 7,0; 10,0 мм, одержуючи розподіл структурних окремоостей за розмірами: від часток <0,25 мм до грудок >10 мм [7, 12, 23]. У результаті отримують 9 значень, які характеризують структуру ґрунту в повітряно-сухому стані. Однак прийняті процедури опрацювання результатів аналізу зазвичай спрямовані на зведення усіх отриманих даних до обмеженої кількості показників. Інтерпретація ускладнюється тим, що в різних ґрунтово-кліматичних умовах для кількісної характеристики структури застосовують і вміст у ґрунті агрономічно цінних агрегатів. До того ж у різних джерелах наводять різні розмірні межі цієї фракції: більшість відносять до агрономічно цінних агрегатів фракції 7–0,5 мм або 10–0,25 мм [4, 9, 20–22]. Крім того, використовують показники усередненого розміру агрегатів: середньозважений і середньгеометричний діаметри. Згідно з визначеним методичним підходом, із досить великого масиву даних (розподіл за розміром) отримують лише одне значення, що ускладнює детальну характеристику ґрунтової структури.

Наукова новизна проведених досліджень полягає у тому, що за допомогою сучасних методів статистичного аналізу даних сухого просіювання ґрунту визначено вплив кожної групи структурних окремоостей у межах агрономічно цінного інтервалу на зміну щільності будови в гумусовому горизонті чорнозему, а також обґрунтовано фундаментальне значення структурних окремоостей розміром 3,0–0,5 мм, які мають визначальний вплив на агрофізичний і гумусний стан чорноземів.

Коли з розвитком обчислювальної техніки багатовимірні методи статистичного аналізу стали доступними, необґрунтоване згортання масиву даних сухого просіювання є нераціональним. Сучасні статистичні методи і підходи дають можливість максимально використовувати кількість отриманих даних із мінімальною втратою інформації. Одним із найпоширеніших підходів є метод головних компонент (англ. Principal component analysis, PCA), кластерний аналіз і метод непараметричної статистики.

Мета досліджень — виявити основні закономірності трансформації та нормативні параметри зміни структурного стану чорноземів Лісостепової зони за довгострокового

постагрогенного стану за результатами сухого просіювання зразків ґрунту та статистичного аналізу отриманих даних із застосуванням методу головних компонент, факторного і непараметричного аналізу.

Об'єкт досліджень — процеси перерозподілу структурних окремоостей та формування нормативних параметрів структури чорноземів за довгострокової постагрогенної трансформації.

Предмет досліджень — аналіз складових структурного стану чорноземів за допомогою факторного, кластерного аналізу і методів непараметричної статистики.

Матеріали та методи досліджень. Вивчення довгострокового постагрогенного впливу на відновлення структурного стану чорноземів типових проводили в Лісостеповій Лівобережній фізико-географічній провінції у південній частині Ворскло-Сульського та Середньодніпровсько-Сеймського округів. Ґрунтовий покрив у межах південної частини представлено чорноземами типовими середньогумусованими (5,55–5,65%), перелоги 15- та 150-ти років у Середньодніпровсько-Сеймському агроґрунтовому окрузі. Перелоги закладено у Драбівському агроґрунтовому районі Лісостепової зони Лівобережної низинної провінції, північної підпровінції на чорноземах типових малогумусованих легкосуглинкових мулувато-пилуватих. Переліг 55 років і 45. Для статистичного аналізу складових структурного стану використано літературні дані, отримані в Роганському стаціонарі Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва та відділенні Українського степового природного заповідника «Михайлівська цілина», які знаходяться в межах Середньоруської провінції Лісостепу України. Ґрунтовий покрив заповідника в основному складений чорноземами типовими середньосуглинковими, які залягають на вододільних плато та слабкоплогих схилах. Проаналізовано структурний стан із абсолютно цілинної ділянки заповідника, кошеного перелогу віком 42 роки та ділянки під лісосмугою, насадженої кленом [29]. За еталон структурного стану обрано переліг Кам'яного Степу з 1882 р. з природно збереженим біоценозом [30].

Аналіз структурного складу проведено

в шарі ґрунту 0–40 см. Досліджували фізичні показники: щільність твердої фази ґрунту (пікнометричним методом за ДСТУ 4745:2007); щільність складення ґрунту (за ДСТУ ISO 11272-2001); сухе просіювання методом М.І. Саввінова за ДСТУ 4744:2007) [31]. Структурний стан вивчали спряжено з визначенням щільності будови. Уміст загального гумусу — за І.В. Тюрніним у модифікації М.В. Сімакова (за ДСТУ 4289:2004).

Чорноземи за різної тривалості утримання в стані перелогу і цілини класифіковані кластерним аналізом і методом головних компонент, що дало можливість виявити основні складові масивів цих груп структурних окремоостей різної крупності, отриманих сухим розсіюванням зразків на повітрі. Для побудови дендрограм подібності, для методу головних компонент і непараметричної оцінки ґрунтової структури використовували програму STATISTICA 10.

Результати досліджень. Цілинні та переложні чорноземи Лівобережного Лісостепу характеризуються зернисто-мілкогрудкуватою структурою. Дані структурно аналізу (сухе просіювання) свідчать про значний уміст агрономічно цінних структурних окремоостей розміром 10(7)–0,25 мм, кількість яких у гумусовому горизонті коливається у межах 81–94%, але більшість припадає на частку окремоостей розміром від 3-х до 0,5 мм (40–53%) (рис. 1). Внаслідок невисокого вмісту нецінних в агрономічному відношенні структурних окремоостей розміром >10(7) мм (2–14%) і <0,25 мм (4–13%), коефіцієнт структурності досягає значної величини і змінюється у середньому від 6,4 до 8,6.

Досліджувані підтипи цілинно-переложних чорноземів, володіючи великими запасами органічної речовини (4,96–9,55%), потужним гумусовим горизонтом і важким та середнім гранулометричним складом, мають високу мікроагрегованість, агрономічно цінну водостійку структуру і, як результат, оптимальні та достатньо стабільні показники основних фізичних властивостей. Насамперед їм властива невисока щільність будови (0,95–1,12 г/см³), висока загальна шпаруватість, оптимальне співвідношення шпарин повітря до шпарин з різними формами ґрунтової вологи, що забезпечується

утворенням структурних окремоостей розміром 3,0–0,5 мм на рівні 50%, а на переложних чорноземах — на рівні 40–48% (рис. 1).

Статистичний аналіз засвідчив, що факторне навантаження окремих груп структурних окремоостей за головним фактором (F_1) за рівнем сильної оберненої кореляції характерне для окремоостей розміром 7–5 мм, 3,0–0,5 мм та 7,0–0,5 мм ($R=-0,79-0,98\pm 0,03$; $R^2=0,62-0,96$), а окремої розміром 5–3 мм мають прив'язку за F_2 на рівні оберненої сильної кореляції ($R=-0,78\pm 0,03$; $R^2=0,61$). Уміст гумусу в чорноземі мав прив'язку до F_2 на рівні оберненої сильної кореляції як і $K_{стр}$: $R=-0,83$ та $R=-0,92$ відповідно. Вміст окремоостей нецінної фракції (з розмірами >7 мм та >7 мм + $<0,25$ мм) за фактором F_1 мав прив'язку на рівні прямої сильної кореляції ($R=+0,75-0,98\pm 0,02$), як і щільність будови. За фактором F_2 окремої розміром 0,5–0,25 мм та $<0,25$ мм мали прив'язку на рівні прямої сильної кореляції, але були менш значущі у формуванні системності побудови структурного стану чорноземів при утриманні у стані перелогу та цілини. На фактор F_1 припадало 63% від загальної

дисперсності складових, а на F_2 — 27%.

Параметризація моделі структурного стану перелогів і цілинних чорноземів довела, що окремоостей розміром 7–0,5 мм у середньому було 81,8%, а амплітудний розмах становив від 73,7% до 87,7%. Типовий розмах становив 73,9–86,5%, а значення вмісту окремоостей за медіаною — 81,7% і тяжіло до верхнього типового значення. Структурних окремоостей розміром 3,0–0,5 мм від суми 7,0–0,5 мм за всіма параметрами було 53–54%, а тому закономірність статистичної інтерпретації цієї групи окремоостей подібна до загальної у групі окремоостей 7–0,5 мм (таблиця).

Окремоостей розміром 5–3 мм у середньому та за медіаною містилося 21,2–21,4%, що удвічі менше порівняно з умістом окремоостей розміром 3,0–0,5 мм. Типізований розмах становив 20,0–23,4%, амплітудний розмах збігався з нормованим на 10%-му рівні значення: 17,8–25,0%.

Середній і медіанний уміст структурних окремоостей розміром 7–5 мм був меншим у 2,2–2,3 разу порівняно з умістом окремоостей 5–3 мм і становив 9,5–9,6% за амплітудного розмаху від 6,6% до 12,7% та нормованого розмаху 7,70–11,3%, за 10%-го рівня значущості 6,60–12,7%. Зі зростанням розміру груп структурних окремоостей зростає коефіцієнт варіації їхнього вмісту: 9,23% (7–0,5 мм), 9,44% (3–0,5 мм), 11,9% (5–3 мм), 23,8% (7–5 мм).

Агрономічно нецінних структурних окремоостей розміром >7 мм за середнім і медіанним значеннями містилося 7,5–8,4% за амплітудного розмаху 2,60–13,6%. Типізований розмах становив 5,6–13,3%, а за 10%-го рівня значення — 2,6–13,6%. Коефіцієнт варіації досягав 53,9%. Загалом агрономічно нецінних окремоостей (>7 мм + $<0,25$ мм) за середнім і медіанним значеннями містилося 18,3–18,6% з амплітудним розмахом від 6,60% до 26,3% та нормованим — 13,5–26,1%. Коефіцієнт варіації вмісту цієї групи агрегатів становив 41,3%.

Сформована статистична модель структурного стану чорноземів (перелоги і цілина) відповідає середньому вмісту гумусу на рівні 7,21–7,26% з амплітудним розмахом 4,96–9,55% та типовому вмісту 5,86–8,75%. Коефіцієнт варіації вмісту гумусу становив

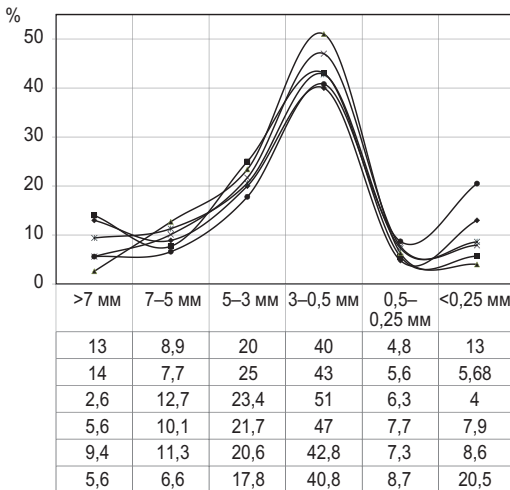


Рис. 1. Розподіл структурних окремоостей (0–40 см) при утриманні чорноземів у стані цілини і довгострокових перелогів у Лівобережному Лісостепу України: + — переліг — 40 років (Драбово); * — переліг — 150 років (Карлівка); * — переліг з 1882 р.; * — заповідний степ; * — переліг — 54 роки; * — лісосмуга — 54 роки

Статистичні параметри структурного складу чорноземів типових довгострокових перелогів та цілини

Складові показники ґрунтової структури	Уміст структурних окремоостей, %:								
	середній	за медіаною	мінімальний, min	максимальний, max	*L _{0,25}	*L _{0,75}	**L _{10,0}	L _{90,0}	***Coef. Var., %
			Амплітудний розмах: Δ=max-min		Нормований розмах:				
					з 50%-ю вірогідністю Δ=L _{0,75-0,25}		з 10%-ю вірогідністю		
7–5 мм	9,55	9,50	6,60	12,7	7,70	11,3	6,60	12,7	23,8
5–3 мм	21,4	21,2	17,8	25,0	20,0	23,4	17,8	25,0	11,9
3–0,5 мм	44,1	42,9	40,0	51,0	40,8	47,0	40,0	51,0	9,44
7–0,5 мм	81,8	81,7	73,7	93,4	73,9	86,5	73,7	93,4	9,23
<0,25 мм	9,95	8,25	4,00	20,5	5,68	13,0	4,00	20,5	60,3
>7 мм+<0,25 мм	18,3	18,7	6,60	26,3	13,5	26,1	6,60	26,3	41,3
K _{стр}	5,83	4,38	2,80	14,2	2,83	6,41	2,80	14,2	73,61
г/см ³	1,04	1,05	0,95	1,12	1,01	1,09	0,95	1,12	5,77
гумус, %	7,26	7,21	4,96	9,55	5,86	8,75	4,96	9,55	23,6

*L_{0,25} — нижній квантель; L_{0,75} — верхній квантель; **L_{10,10} — нижній дециль; L_{0,90} — верхній дециль; ***Coef. Var., % — коефіцієнт варіації.

23,7%. Середнє та медіанне значення щільності будови становило 1,04–1,05 г/см³ з амплітудним розмахом від 0,25 г/см³ до 1,12 г/см³ та за типового інтервалу щільності будови 1,01–1,09 г/см³. Коефіцієнт варіації щільності будови — 5,77%.

Подальші розрахунки довели, що між умістом найбільш цінних структурних окремоостей і щільністю будови виявлено обернений кореляційний зв'язок (R=–0,58–0,80±0,02; R²=0,35–0,64), значення якого найбільше проявлялося з фракцією структурних окремоостей 3,0–0,5 мм (R=–0,80±0,03; R²=0,64).

Між умістом агрономічно нецінних окремоостей і щільністю будови зв'язок був на рівні прямої кореляції (R=+0,59–0,80±0,02; R²=0,35–0,64). Між щільністю будови і вмістом гумусу зв'язок був на рівні оберненої сильної кореляції (R=–0,81±0,03; R²=0,66), а на одиницю зменшення щільності чорнозему припадало 0,74% зростання вмісту гумусу.

Установлено, що між умістом гумусу і структурними окремоостями розміром 0,5–3 мм та 0,5–7 мм виявлено прямий кореляційний зв'язок на рівні сильної кореляції (R=0,83–0,88±0,02; R²=0,68–0,76),

а на одиницю зростання вмісту гумусу (0,01%) припадає 0,075 і 0,066% зростання вмісту фракцій груп структурних окремоостей (рис. 2). Виявлено, що на одиницю зростання вмісту окремоостей розміром 3,0–0,5 мм припадає 0,01 г/см³ розуцільнення чорнозему. Враховуючи, що між умістом окремоостей розміром 3,0–0,5 мм та 7,0–0,5 мм виявлено тісний кореляційний зв'язок (R=0,97±0,03; R²=0,95), а на одиницю зростання вмісту окремоостей 7,0–0,5 мм припадає 0,47% зростання окремоостей 3,0–0,5 мм, можна констатувати — саме ці групи окремоостей визначають агрофізичний стан чорноземів у стані перелогу і цілини. Зростання або зниження вмісту агрономічно цінних окремоостей розміром 0,7–0,5 мм визначає зростання або зниження щільності будови на 0,0065 г/см³.

Результати кластеризації чорноземів у стані довгострокового перелогу і цілини методом кластерного аналізу розподілу в них структурних окремоостей показано на дендрограмі (рис. 3). Кластеризація за мірою подібності окремих груп складових ґрунтової структури чорноземів у стані цілини і довгострокових перелогів показує міру

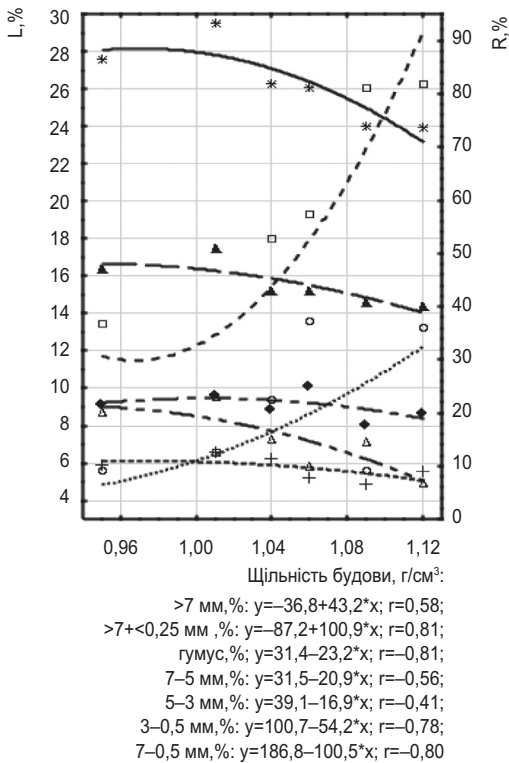


Рис. 2. Залежність щільності будови ґрунту від умісту структурних окремоостей різного розміру при утриманні чорнозему типового у стані перелогу і цілини: —○— >7 мм, % (L); —■— >7+<0,25 мм, % (L); —□— гумус, % (L); —+— 7–5 мм, % (R); —◆— 5–3 мм, % (R); —▲— 3–0,5 мм, % (R); —*— 7–0,5 мм, % (R)

подібності незалежно від самих ґрунтових об'єктів. Виокремлення окремоостей розміром 3,0–0,5 мм та 7,0–0,5 мм посилює міру загальної закономірності.

Виявлено, що міра подібності між окремими групами структурних окремоостей невисока. Це підкреслює їхнє різне якісне значення як агрономічно цінної структури, так і в загальній сукупності. Міра подібності до рівня 60–65% та майже до 100% подібності свідчить про роль не окремих фракцій структурних окремоостей, а їхнє групування у більш генеральній сукупності, які формують функціональні зв'язки зі щільністю будови і умістом гумусу, і визначають якісний рівень ґрунтової структури чорноземів у стані

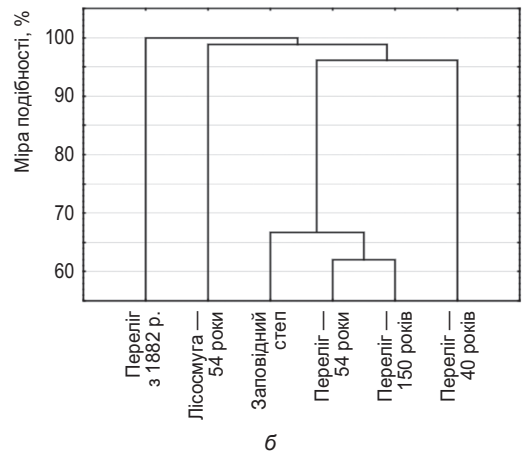
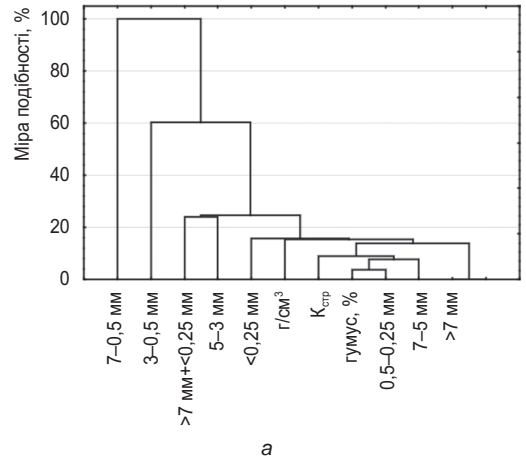


Рис. 3. Міра подібності (%) ієрархічного групування за результатами аналізу сухого розсіювання: а — ґрунтової структури чорноземів у стані цілини; б — довгострокових перелогів

перелогу і довгострокового утримання перелогу в загальній закономірності (рис. 3а).

Загалом рівні подібності між ґрунтовими об'єктами чорноземів у стані цілини і довгострокових перелогів представлено на рис. 3б. Найбільш неподібні між собою: переліг 54-х років та переліг 150-ти років — міра подібності 60–65%, а з заповідний степом — 65–67%. Переліг з 1882 р. та переліг 40-ка років і лісосмуга 54-х років виокремлюються у ґрунтові об'єкти з мірою подібності на рівні 100% з максимальною віддаленістю самих ґрунтових об'єктів.

Висновки

Виконане статистичне опрацювання результатів аналізу сухого просіювання структури чорноземів у довгостроковому постагрогенному стані демонструє перспективність застосування факторного, кластерного та непараметричного методів аналізу. Важливу роль у відновленні структури чорноземів відіграє сукупність структурних окремоостей розміром 3,0–0,5 мм, з якою щільність будови у гумусовому горизонті має обернений, а з умістом гумусу — прямий кореляційний зв'язок.

Проведена кластеризація свідчить, що утримання представлених чорноземів у стані цілини та довгострокових перелогів — це виокремлені і не подібні між собою стани ґрунтових об'єктів, але існує загальна закономірність утворення сукупності структурних окремоостей розміром 3,0–0,5 мм як у чорноземів у стані цілини, вміст яких перевищує 40–50% від умісту окремоостей у агрономічно цінному інтервалі.

Чорноземи агроценозів після виведення з сільськогосподарського обігу вступають у складний процес самовідновлення у напрямі цілинного зонального типу. В ході постагрогенної еволюції відбувається накопичення вмісту загального гумусу і поступово відновлюється структурна організація колишнього орного шару. В перші 20–25 років спостерігається помітне збільшення кількості макроагрегатів, зокрема агрономічно цінних, і відповідного зниження кількості мікроагрегатів, що свідчить про поліпшення агрономічних властивостей переложних чорноземів. Усі чорноземи представленого переложного ряду відповідно до кількості агрономічно цінних агрегатів характеризуються як відмінні (за класифікацією В.В. Медведєва), а динаміка зростання коефіцієнта структурності посилюється з віком перелогу в напрямі до цілини.

Демиденко А.В.

Черкасская государственная сельскохозяйственная опытная станция ННЦ «Институт земледелия НААН», ул. Докучаева, 13, с. Холоднянское Смелянского р-на Черкасской обл., 20731, Украина; e-mail: smilachiapv@ukr.net

Структурное состояние чернозема при долгосрочной постагрогенной трансформации

Цель. Выявить основные закономерности трансформации и нормативные параметры изменения структурного состояния черноземов Лесостепной зоны в условиях долгосрочного постагрогенного состояния по результатам сухого просеивания образцов почвы и статистического анализа полученных данных с применением метода главных компонент, факторного и непараметрического анализов. **Методы.** Лабораторно-аналитический, экспериментально-полевой, статистический. **Результаты.** Выполненная статистическая обработка результатов анализа сухого просеивания структуры черноземов в долгосрочном постагрогенном состоянии демонстрирует перспективность применения факторного, кластерного и непараметрического методов анализа. Важную роль в восстановлении структуры черноземов играет совокупность структурных отдельностей размером 3,0–0,5 мм, с которой плотность сложения в гумусовом горизонте имеет обратно пропорциональную,

а с содержанием гумуса — прямо пропорциональную зависимость. Проведенная кластеризация свидетельствует, что содержание представленных черноземов в состоянии целины и долгосрочных залежей — это выделенные и не похожие между собой состояния почвенных объектов, но существует общая закономерность образования совокупности структурных отдельностей 3,0–0,5 мм как у черноземов в состоянии целины, содержание которых превышает 40–50% от содержания отдельностей в агрономически ценном интервале. **Выводы.** Черноземи агроценозов после вывода из сельскохозяйственного оборота вступают в сложный процесс самовосстановления, который идет в направлении целинного зонального типа. В ходе постагрогенной эволюции происходит накопление содержания общего гумуса и постепенно восстанавливается структурная организация пахотного слоя. В первые 20–25 лет наблюдается заметное увеличение доли макроагрегатов, в том числе агрономически ценных, и соответствующего снижения количества микроагрегатов, что свидетельствует об улучшении агрономических свойств переложных черноземов. Все черноземи представленного переложного ряда в соответствии с количеством агрономически ценных агрегатов характеризуются как отличные, а динамика роста коэффициента

структурності усилюється з віком по напрямленню к целине.

Ключевые слова: целина, Лесостепная зона, сухое просеивание, структурные отдельности, гумусовый горизонт, зональный тип.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-02>

Demydenko O.

Cherkasy State Agricultural Research Station of the National Institute of Agriculture of NAAS, 13 Dokuchaieva Str., Holodnianske village, Smilianskyi district, Cherkasy oblast, Ukraine, 20731; e-mail: smilachiapv@ukr.net

Structural state of chernozem after long-term post-agrogenic transformation

The purpose. To determine the main laws of transformation and regulatory parameters of the structural state change of chernozems of the forest-steppe zone in conditions of long-term post-agrogenic transformation according to the results of dry sieving of soil samples and statistical analysis of the data using the method of principal components, factor and non-parametric analysis. **Methods.** Laboratory analytical, experimental field, statistical. **Results.** The performed statistical processing of results of the analysis of dry sieving of the structure of chernozems in the long-term post-agrogenic state demonstrates the promise of using factor, cluster and non-parametric analysis methods. An important role in the restoration of the structure of chernozems is played by a combination of structural units 3.0–0.5 mm in size, with

which the additional density in the humus horizon is inversely proportional, and with the humus content, it is directly proportional. The carried out clustering indicates that the content of the presented chernozems in the state of virgin soil and long-term deposits is the separated and not similar state of soil objects. But there is a general pattern of formation of a set of structural units of 3.0-0.5 mm similar to chernozems in the state of virgin soil, which content exceeds 40-50% of the content of parts in the agronomically valuable interval. **Conclusions.** After withdrawal from agricultural circulation, chernozems of agrocenoses enter into a complex process of self-healing, which goes in the direction of the virgin zone type. During post-agrogenic evolution, the accumulation of total humus occurs and the structural organization of the arable layer is gradually restored. In the first 20-25 years, there is a noticeable increase in the share of macroaggregates, including agronomically valuable ones, and the corresponding decrease in the number of microaggregates, which indicates an improvement in agronomic properties of shifted chernozems. In accordance with the number of agronomically valuable aggregates, all chernozems of the represented fallow series are characterized as excellent, and the dynamics of the growth of the structural coefficient increases with age towards virgin soil.

Key words: virgin soil, Forest-steppe zone, dry sieving, structural units, humus horizon, zonal type.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-02>

Бібліографія

1. Королев В.А. Особенности основных физических свойств целинных черноземов. *Вестник МГУ. Серия: География*. 2011. 42. Геоэкология. № 1. С. 5–12.
2. Jimenez J.J., Lorenz K., Lal R. Organic carbon and nitrogen in soil particle-size aggregates under dry tropical forests from Guanacaste, Costa Rica — Implications for within-site soil organic carbon stabilization. *Catena*. 2011. V. 86. P. 178–191. doi: 10.1016/j.catena.2011.03.011
3. Базыкина Г.С. Почвы степной и сухостепной зон в аномальных погодных условиях последних десятилетий. *Бюл. Почв. ин-та*. 2014. Вып. 73. С. 54–81.
4. Кершенс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота. *Почвоведение*. 1992. № 10. С. 122–131.
5. Кузнецова И.В., Азовцева Н.А., Бондарев А.Г. Нормативы изменения физических свойств почв степной, сухостепной, полупустынной зон европейской территории России. *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. 2011. Вып. 67. С. 3–19. doi: 10.7868/s0032180x14010067
6. Кузнецова И.В., Уткаева В.Ф., Бондарев А.Г. Нормативы изменения физических свойств пахотных черноземов степной зоны Европейской России в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования. *Почвоведение*. 2014. № 1. С. 71–81. doi: 10.7868/s0032180x14010067
7. Медведев В.В. Агрозем як нове 4-вимірне полігенне утворення. *Ґрунтознавство*. 2016. № 17. Т. 1–2. С. 5–20. doi: 10.15421/04160
8. Медведев В.В. Фізична деградація ґрунтів, її діагностика, ареал поширення і засоби попередження. *Ґрунтознавство*. 2012. Т.13. № 1–2. С.5–22.
9. An S.S., Huang Y.M., Zheng F.L., Yang J.G. Aggregate characteristics during natural revegetation on the loess plateau. *Pedosphere*. 2008. V. 18 (6). P. 809–816.
10. Elliott E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1986. V. 50. P. 627–633. doi: 10.2136/sssaj1986.03615995005000030017x
11. Garcia-Oliva F., Oliva M., Sveshtarova B. Effect of soil macroaggregates crushing on C

mineralization in a tropical deciduous forest ecosystem. *Plant and Soil*. 2004. V. 259 (1–2). P. 297–305. doi: 10.1023/b:plso.0000020978.38282.dc

12. *Медведев В.В., Плиско В.В., Бигун О.В.* Сравнительная характеристика оптимальных и реальных параметров черноземов Украины. *Почвоведение*. 2014. № 10. С.1247–1261. doi: 10.7868/s0032180x14100086

13. *Six J., Bossuyt H., Degryze S., Denef K.* A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.* 2004. V. 79. P. 7–31. doi: 10.1016/j.still.2004.03.008

14. *Pimoradian N., Sepaskhah A.R., Hajabbasi M.A.* Application of fractal theory to quantify soil aggregate stability as influenced by tillage treatments. *Biosyst. Eng.* 2005. V. 90 (2). P. 227–234. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2004.11.002

15. *Nichols K.A., Toro M.* A whole soil stability index (WSSI) for evaluating soil aggregation. *Soil Till. Res.* 2011. V. 111. P. 99–104. doi: 10.1016/j.still.2010.08.014

16. *Elliott E.T.* Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1986. 50. P. 627–633. doi: 10.2136/sssaj1986.03615995005000030017x

17. *Lopes de Gerenyu V., Kurganova I., Kuzakov Ya.* Soil organic carbon pools in former arable Chernozems. *Ecologia*. 2008. № 4. P. 38–44.

18. *Нурисламов Р.Х., Мельников Л.В.* Оценка устойчивости макроструктуры выщелоченного чернозема: ученые записки Казанского государственного университета. Т. 151. Кн. 4. *Естественные науки*. 2009. С. 135–141.

19. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А.* Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. Москва: ГЕОС, 2010. 416 с.

20. *Караваева Н.А., Денисенко Е.А.* Постагрогенные миграционно-мицелярные черноземы разновозрастных залежей Южной лесостепи ЕТР. *Почвоведение*. 2009. № 10. С.1165–1176.

21. *Медведев В.В.* Механизмы образования макроагрегатов черноземов. *Почвоведение*. 1994. № 11. С.24–30.

22. *Холодов В.А.* Способность почвенных частиц самопроизвольно образовывать макроагрегаты после цикла увлажнения иссушения. *Почвоведение*. 2013. № 4. С.1–9. doi: 10.7868/s0032180x13040072

23. *Булыгин С.Ю., Лисецкий Ф.Н.* Формирование агрегатного состава почв и оценка его изменения. *Почвоведение*. 1996. № 6. С. 783–788.

24. *Kurganova I., Yermolaev A., Lopes de Gerenyu V., Larionova A.* et al. Carbon balance in soils of abandoned lands in Moscow region. *Eurasian Soil Science*. 2007. V. 40 (1). P. 50–58. doi: 10.1134/s1064229307010085

25. *Niewczas J., Witkowska-Walczak B.* The soil aggregates stability index (ASI) and its extreme values. *Soil Till. Res.* 2005. V. 80. P. 69–78. doi: 10.1016/j.still.2004.02.023

26. *Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П.* Математическая статистика в почвоведении. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 84 с.

27. *Хитров Н.Б., Чечуева О.А.* Способ интерпретации данных макро- и микроструктурного состояния почв. *Почвоведение*. 1994. № 2. С. 84–92.

28. *Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Лазарев В.И., Фрид А.С.* Интерпретация данных агрегатного состава типичных черноземов разного вида использования методами кластерного анализа и главных компонент. *Почвоведение*. 2016. № 9. С. 1093–1100. doi: 10.7868/s0032180x16090070

29. *Дегтярев В.В., Панасенко О.С., Недбаев В.Н.* Содержание гумуса и структурное состояние черноземов типичных Лесостепи Украины. *Вестник Курской с.-х. акад.* Курск, 2013. № 3. С. 36–41.

30. *Лебедева И.И., Базыкина Г.С., Гребенщикова А.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А.* Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агрочерноземов Каменной степи. *Бюллетень Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева*. 2016. Вып. 83. С. 77–102. doi: 10.19047/0136-1694-2016-83-77-102

31. *Практикум з ґрунтознавства: навч. посібник; за ред. Д.Г. Тихоненка і В.В. Дегтярьова; 6-е вид., перероб. і допов.* Харків: Майдан, 2009. 447 с.