

ПРОСТОРОВА НЕОДНОРІДНІСТЬ СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ В МЕЖАХ ОКРЕМИХ АГРОЦЕНОЗІВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Пліско Ірина Владленівна

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»,
м. Харків, Україна
ORCID: 0000-0001-8111-7662
irinachujan@gmail.com

Куцова Карина Миколаївна

аспірант
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»,
м. Харків, Україна
ORCID: 0000-0002-7130-2343
karikuts96@gmail.com

Висвітлено результати дослідження структурно-агрегатного складу неоднорідних за формою рельєфу земельних ділянок окремих агроценозів Лівобережного Лісостепу України. Посилення антропогенного впливу на ґрунти призводить до деформації, руйнування мікро- і макроагрегатів та відображається на ефективності землеробської діяльності, що актуалізує дослідження структурно-агрегатного складу орних ґрунтів та оцінки неоднорідності їх основних показників. Неоднорідність вмісту структурних фракцій агрегатів, в тому числі водостійких, досліджено ситовим методом у модифікації Н.І. Саввінова (ДСТУ 4744:2007) з використанням методів статистичного та геостатистичного аналізу даних. Проаналізовано вплив складових рельєфу та генетичної природи ґрунтів на неоднорідність структурно-агрегатного складу та водостійкість ґрунтових агрегатів. Виявлено, що у структурному складі ґрунтів Лівобережного Лісостепу України спостерігається переважання агрономічно цінних агрегатів. Мінливість висот місцевості, експозиція схилів і кутів їх нахилу характеризується тісними зв'язками із формуванням брилистої фракції, збільшення якої спостерігається разом із підвищенням висоти поверхні. Орографічна неоднорідність у просторі обумовлює диференціацію за стійкістю ґрунтових агрегатів дослідних агроценозів на різних глибинах. Збільшення крутизни схилу негативно відображається на формуванні та розподілі структурних елементів: у підніжжях та на увігнутих частинах схилу збільшується вміст водостійких агрегатів через акумуляцію раніше еродованого ґрунтового матеріалу. На відносно вирівняних частинах досліджених об'єктів зосереджені добре оструктурені ґрунти. Видовий склад ґрунтів є змінним на відносно невеликій відстані завдяки різній інтенсивності процесів акумуляції, що зумовлює територіальну мозаїку за структурно-агрегатним складом та вмістом водостійких агрегатів. Встановлено, що темно-сірі опідзолені ґрунти визначаються надмірною водостійкістю ґрунтів та, в деяких випадках, переважанням брилистої фракції, на відміну від чорноземів опідзолених зі сприятливими умовами та кращими показниками структурно-агрегатного складу.

Ключові слова: агроценоз, водостійкість, ґрунтові агрегати, структурно-агрегатний склад, просторова неоднорідність.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.18>

Вступ. Структура ґрунту є однією з головних факторів, що визначають умови росту й розвитку сільськогосподарських культур та величину їх продуктивності, оскільки обумовлює формування водно-повітряного та теплового режимів. Цей показник змінюється в часі і просторі залежно від властивостей ґрунту, кліматичних умов і методів управління земельними ресурсами. Тривалий надмірний обробіток ґрунтів за відсутності регулярної сівозміни в системі традиційного землеробства призводять до надмірного погіршення структурно-агрегатного складу орних (0-10 і 10-20 см) та підорних (20-30 см) шарів ґрунту: вміст брилистих слабoporистих агрегатів (розміром > 10 мм) збільшується приблизно у два рази, вміст агрономічно-цінних агрегатів (розміром 0,25–10 мм) значно знижується (Gajic et al., 2006).

На кількість, розмір та стабільність ґрунтових агрегатів впливають ряд властивостей ґрунту, що визначає результативність землеробської діяльності. Зокрема, структурно-агрегатний склад відображає особливості ґрунтоутворення окремого агроценозу, який відрізняється за ознаками (розміром, формою, щільністю укладання структурних агрегатів, зовнішніми та внутрішніми особливостями) та, разом з тим, специфічною динамікою, яка знаходить відображення у коливаннях факторів агрегації (Medvedev, 2008).

У сучасних умовах антропогенного навантаження на орні ґрунти, в тому числі й у зоні Лівобережного Лісостепу України, відбуваються зміни агрофізичних властивостей агроценозів, що відображається у посиленні розвитку деградаційних процесів, зокрема, у деформації та руйнуванні мікро-(часточок розміром < 0,25 мм)

і макроагрегатів (часточок розміром $> 0,25$ мм) (Shevchenko, 2019). Проведення заходів з обробітку ґрунту, прямим чином, впливає на структурні агрегати ґрунту, окрім їх дроблення спостерігається порушення структурних агрегатів. Тому, оцінка, моніторинг та підтримання оптимального структурно-агрегатного складу має бути обов'язковою умовою ефективного, ґрунтозберігаючого та ґрунтоохоронного ведення сучасного сільськогосподарського виробництва.

Виняткову роль структури ґрунту, як одного з основних факторів його родючості, висвітлено у багатьох наукових працях, де акцентовано увагу на те, що лише у структурному ґрунті створюються оптимальні умови для росту та розвитку рослин (Nedvyha & Halasun, 2012). Як відомо, ґрунтові агрегати є основними структурними елементами ґрунту і являють собою кластери мінеральних і органічних компонентів ґрунтового середовища (Brady & Weil, 2016). Сумарний об'єм усіх пор і проміжків між структурними агрегатами, в основному, регулює інфільтрацію вологи в ґрунті (Patra et al., 2019), тим самим, впливаючи на стійкість ґрунту до проявів водної ерозії. Ці процеси безпосередньо пов'язані зі змінами гідрологічної функції ґрунтів та умов їх абіотично-біотичного середовища (Coleman et al., 2018).

Закордонні вчені зазначають, що стабільність і кількість ґрунтових агрегатів агрономічно-цінної фракції мають значний вплив на фізичні властивості ґрунту, запаси поживних речовин ґрунту та ступінь їх конверсії (Gholoubi et al., 2019, Slimani et al., 2010). Ці дві складові в оптимумі можуть не тільки підтримувати структуру ґрунтів у стабільному стані і зменшити прояв ерозійних процесів, але й зберігати органічну речовину в ґрунтовому середовищі та підвищувати, в цілому, рівень родючості орних ґрунтів.

Соколовським О.Н. доведено, що мікроагрегати є більш стабільними і мають більш тривалий час до видозмін, тому розміри агрегатів відіграють важливу роль у тривалості використання ґрунтових ресурсів (Sokolovsky, 1971).

Стабільність ґрунтових агрегатів залежить, головним чином, від декількох хімічних властивостей ґрунту, таких як: вміст і наявність глинистої фракції, показник рН та вміст органічної речовини, а також біологічна активності ґрунту. На утворення мікроагрегатів значно впливає наявність глинистих колоїдів, їх заряд та концентрація полівалентних катіонів (Bronick & Lal, 2005).

На більшості ґрунтів інтенсивний обробіток сільськогосподарськими засобами призводить до погіршення структури ґрунту, що відбивається у послабленні стабільності ґрунтових агрегатів. Низька агрегатна стабільність, зазвичай, пов'язана зі зниженням вмісту органічної речовини, що істотно впливає на зріст та розвиток більшості вирощуваних сільськогосподарських культур. Стабільність агрегатів значною мірою корелює із вмістом органічної речовини саме через зв'язуючу дію гумінових речовин та інших побічних продуктів мікробіології (Shepherd et al., 2001, Naveed et al., 2014).

Агрегативна стійкість змінених ґрунтів покращується за рахунок внесення добрив, збільшуючи обсяг агрономічно-цінної структури та зменшуючи відсоток руйнування

агрегатів в результаті ведення землеробської діяльності. Зокрема, внесення органічних добрив розглядається як засіб поліпшення структури ґрунту та покращення гідрологічних функцій, підвищення активності мікробної мікрофлори, зв'язування органічної речовини та пом'якшення наслідків змін клімату (Schlueter et al., 2020) та, в цілому, позитивно відображається на рівні родючості ґрунтів та врожайності сільськогосподарських культур.

Як відомо, структурно-агрегатний склад ґрунту та якісні характеристики агрегатів, такі як, вміст агрономічно-цінних та водостійких агрегатів (розміром $> 0,25$ мм), механічна міцність агрегатів в значній мірі залежать від гранулометричного складу ґрунтів, обсягу та особливостей органічної речовини, складу поглинутих катіонів, розвитку кореневих систем рослин та діяльності ґрунтових мікроорганізмів та мезофауни (Tsapko et al., 2014).

Топографія визначається ключовим фактором у створенні змінного ґрунтового покриву у кліматично і геологічно однорідних районах. Таким чином, на розподіл структуроутворюючих складових: вмісту фізичної глини (часточок розміром $< 0,01$ мм), іонів кальцію та гумусу в межах певної області може значно впливати рельєф місцевості (Zhang et al., 2021). Основними атрибутами, що описують форму місцевості та впливають на розподіл властивостей ґрунту і, отже, на формування ґрунтових агрегатів, є нахил і кривизна поверхні. Наприклад, Canton et al. (2009) відмічають нижчу стабільність ґрунтових агрегатів у більш похилих частинах схилу, які піддавалися водній ерозії. Більш висока стійкість ґрунтових агрегатів спостерігається в увігнутих частинах земної поверхні, де накопичується ґрунтова органічна речовина. Найвищу стабільність агрегатів виявлено на вершині схилу пагорба.

Землекористування, тип рослинності та обробіток ґрунту відіграють важливу роль у формуванні стійкості структурних агрегатів ґрунту (Duan et al., 2021), саме рослинний покрив певним чином визначає стабільність структури ґрунту порівняно з дією різних геологічних субстратів.

Існує гіпотеза, що багаторічні культури покращують структуру ґрунту, в той час як щорічний обробіток міжрядь найчастіше призводить до структурної деградації, головним чином, в результаті втрат органічної речовини через порушення ґрунтового покриву (Magdoff et al., 2000).

Поєднання параметрів рельєфу і рослинного покриву багато в чому визначає розподіл органічної речовини в ґрунті (Singh & Benbi, 2018), яке, зрештою, слугує ключовим параметром для формування стабільних ґрунтових агрегатів.

Цінна в агрономічному аспекті структура ґрунту визначається на основі розміру, форми, стабільності ґрунтових агрегатів за даними сухого та мокрого просіювання (Tirgarsoltani et al., 2014). Дані щодо вмісту агрономічно-цінних агрегатів свідчать про якість здійснення управлінських рішень, зокрема, проведення механічного обробітку ґрунту та його фізичної стиглості. Вміст водостійких агрегатів (розміром $> 0,25$ мм) дозволяє проаналізувати наявність у ґрунті органічної речовини та, разом з тим, оцінити ефективність внесення добрив та хімічних меліорантів.

Стабільність водостійкості агрегатів ґрунту вказує на здатність чинити опір впливу опадів, потокам повітря

та води. За надмірної і недостатньої водопроникності ґрунт має низьку водостійку і високу випарну здатність, у той час як низька водопроникність створює ризик утворення поверхневого стоку, що сприяє розвитку водної ерозії (Mammadov et al., 2021).

Стійкість структурних агрегатів ґрунту відноситься до здатності агрегатів чинити опір руйнуванню, через механічний вплив обробітку ґрунту, вплив водної та вітрової ерозії. Отже, розподіл розмірів агрегатів за сухого просіювання можна використовувати для прогнозування стійкості до механічних впливів та вітрової ерозії. Зниження стійкості ґрунтових агрегатів може слугувати причиною розвитку негативних процесів, в тому числі ерозії ґрунту та інших форм деградації земель (Rabot et al., 2018).

Посилення антропогенного впливу на ґрунти призводить до деформації, руйнування мікро- і макроагрегатів та відображається на ефективності землеробської діяльності, що актуалізує дослідження структурно-агрегатного складу орних ґрунтів та оцінки неоднорідності їх основних показників. Свого часу питання було досить ретельно проаналізовано на прикладі орних ґрунтів різних природно-кліматичних зон України (Neodnorodnost pochv i tochnoe zemledelie..., 2009). Однак аналогічних досліджень проведено вкрай мало. Недостатньо також інформації щодо детального дослідження різних показників структурно-агрегатного складу в межах окремих агроценозів, їхньої неоднорідності залежно від генетичних особливостей ґрунтів, різних форм рельєфу та інших факторів, що визначає актуальність розглянутої у статті теми.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проведено на двох територіальних об'єктах (земельних ділянках), розташованих в межах окремих агроценозів зони Лівобережного Лісостепу України (Харківський район Харківської області). Головними ґрунтотвірними породами для дослідних агроценозів є леси та лесоподібні суглинки. Характерною особливістю території дослідження є наявність неоднорідних форм рельєфу.

Дослідний об'єкт № 1 представлений земельною ділянкою на території державного підприємства дослідного господарства «Граківське» (с. Новий Коротич), площею 31,7 га. За різновидами ґрунтів зустрічаються чорноземи опідзолені (в тому числі й намиті), темно-сірі опідзолені слабкосероморфні ґрунти у комплексі з його еродованими аналогами. Гранулометричний склад досліджених ґрунтів, визначений за класифікацією Н.А. Качинського (DSTU 4730:2007, 2009), є важкосуглинковим, за виключенням незначної площі легкоглинистих ґрунтів. Територія дослідження видозмінюється у просторі, ухил поверхні становить від 1,5 до 2,5 градусів, перепад висот – від 120 до 145 м (Publichna kadastrava karta Ukrainy, 2022).

Дослідний об'єкт № 2 – земельна ділянка (частина поля) площею 21 га (за межами смт. Буди), ґрунтовий покрив якої представлено, в основному, сірими та темно-сірими опідзоленими ґрунтами та їх змитими різновидами. Має місце перепад висот, де переважають ерозійно-аккумулятивні форми рельєфу – ухил поверхні варіює від 2 до 6 градусів, перепад висот – від 135 до 173 м (Publichna kadastrava karta Ukrainy, 2022). Грану-

лометричний склад досліджених ґрунтів є легко- і середньосуглинковим у підніжжі схилу, та важкосуглинковим і легкоглинистим – на верхніх частинах схилу.

На дослідних об'єктах відібрано ґрунтові зразки (DSTU 4287:2004, 2005) за регулярною сіткою (1 точка на 1 га) з використанням приладу GPS «Garmin 9». Конфігурація елементарних ділянок із співвідношенням сторін не більше 2:1. Відбір зразків ґрунту проведено з глибин 0–10, 10–20 та 20–30 см. Строки відбору зразків на визначення структурно-агрегатного складу ґрунту відповідають періоду із максимально вираженими процесами агрегації, а саме, із середини травня до кінця серпня із показовою площею ділянки (не менше 20 га).

В аналітичних умовах лабораторії геоєкофізики ґрунтів ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» проведено визначення структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І. Саввінова (DSTU 4744:2007, 2008). Оцінку структурного стану ґрунту за вмістом повітряно-сухих агрономічно-цінних агрегатів здійснено за шкалою С.І. Долгова та П.У. Бахтіна (Ahrfyzicheskye yssledovanyia v opitakh..., 1977).

Розрахунковим способом визначено значення коефіцієнту структурності (Кстр) як співвідношення суми фракцій 0,25–10 мм до суми фракцій розміром < 0,25 мм та > 10 мм за сухого просіювання та коефіцієнту водостійкості (Квод) як співвідношення суми агрегатів розміром > 0,25 мм за мокрого просіювання до суми агрегатів розміром > 0,25 мм за сухого просіювання.

Статистичний та геостатистичний аналіз одержаних результатів проведено із використанням даних стандартних комп'ютерних програм Excel, Statistica 10 та ArcGIS 10.4.1.

Результати. В ході досліджень підтверджено існування неоднорідності деяких показників структурно-агрегатного складу ґрунтів дослідних об'єктів.

Неоднорідність структурно-агрегатного складу (за даними повітряно-сухого просіювання). В процесі досліджень проведено оцінку структурного стану ґрунтів завдяки використанню таких індикаторів, як співвідношення агрегатів із виділенням брилистої (> 10 мм), агрономічно-цінної (0,25–10 мм) фракцій та фракції пилу (< 0,25 мм) (Chornyі, 2018).

Встановлено, що на дослідному об'єкті № 1 ґрунти, які займають 16,7 % від загальної площі характеризуються відмінним структурним станом ґрунту за вмістом агрономічно-цінних агрегатів (> 80 %); 73,3 % ґрунтів мають добрий структурний стан (80–60 %) та лише 10 % досліджених ґрунтів характеризуються задовільною (60–40 %) структурою.

Аналізування статистичних та геостатистичних даних дозволяє зробити висновок про існування неоднорідності показників структурно-агрегатного складу досліджених ґрунтів: найбільшою варіабельністю характеризується Кстр (коефіцієнт варіації (Kv) дорівнює 0,38, вміст пилуватої (Kv=0,37) та брилистої (Kv=0,34) фракцій. Відомо, якщо значення коефіцієнту варіації перевищує величину 0,25, це опосередковано свідчить про існування неоднорідності (Medvedev, 2007).

На рис.1 представлено просторовий розподіл вмісту повітряно-сухих агрегатів в межах дослідного об'єкту № 1.

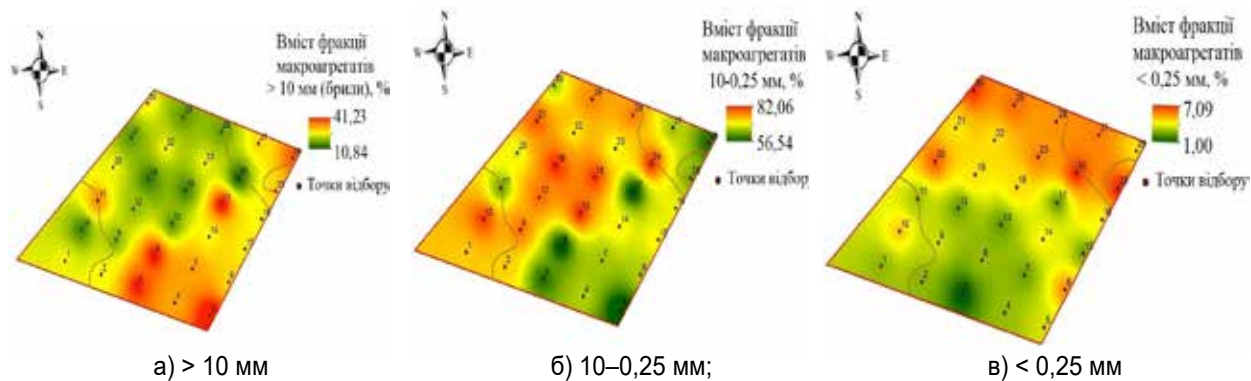


Рис. 1. Просторовий розподіл вмісту повітряно-сухих агрегатів у % від маси ґрунту (дослідний об'єкт № 1)

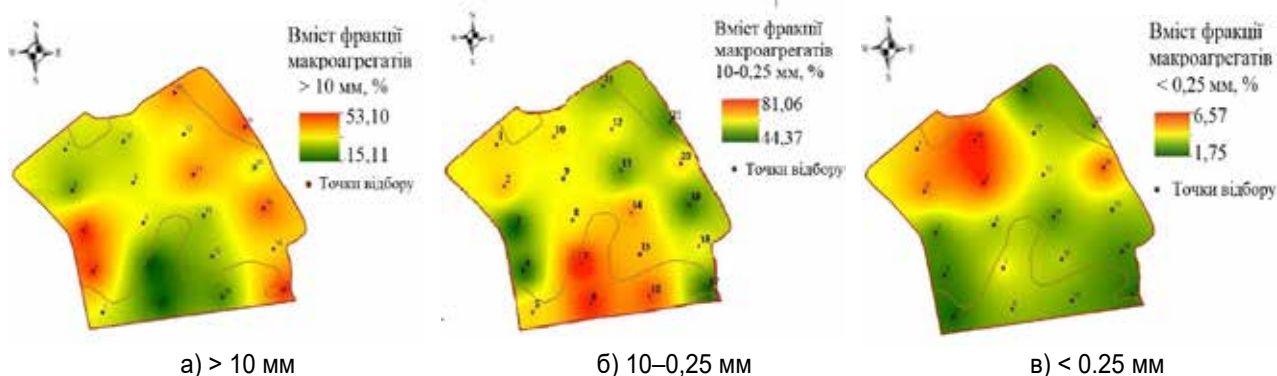


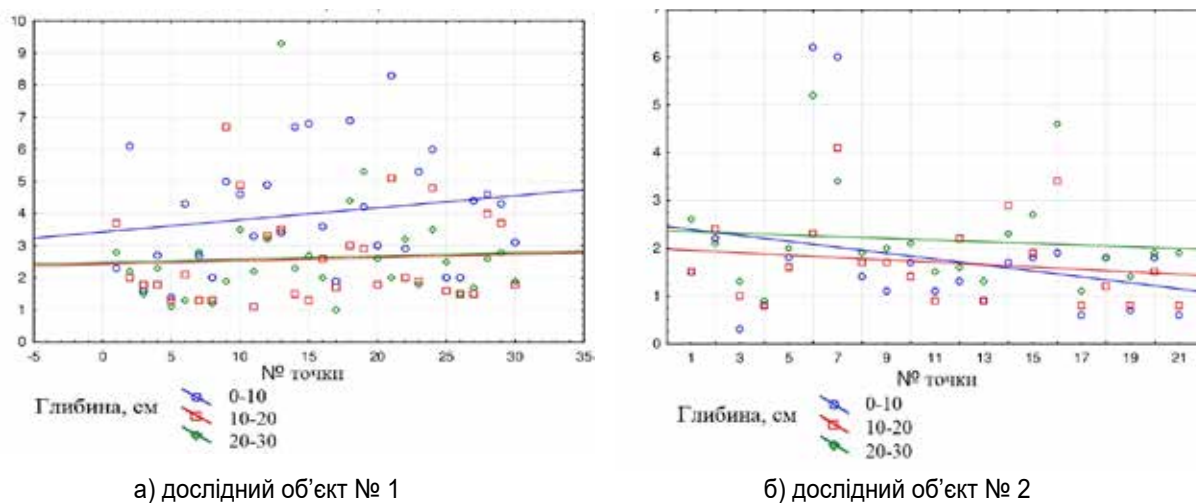
Рис. 2. Просторовий розподіл вмісту повітряно-сухих агрегатів у % від маси ґрунту (дослідний об'єкт № 2)

Більша частина досліджених ґрунтів земельної ділянки об'єкту № 2 має, в цілому, сприятливі агрофізичні умови за вмістом агрономічно-цінних агрегатів. При цьому лише 4,8 % визначаються відмінним структурно-агрегативним складом; 61,9 % території характеризується добрим та 33,3 % – задовільним структурним складом.

Математична обробка даних підтверджує існування аналогічної тенденції щодо неоднорідності досліджених показників структури досліджених ґрунтів даного об'єкту.

Зокрема, неоднорідність підтверджується для Кстр (Kv=0,57), пилуваті (Kv=0,42) та брилистої (Kv=0,33) фракцій. На рис. 2 показано просторовий розподіл вмісту повітряно-сухих агрегатів в межах дослідного об'єкту № 2.

До речі, Кстр є сумарним показником, який характеризує структурну композицію ґрунту і тому, чим більші значення даного показника, тим краще оструктуреним є ґрунт. Мінливість показника на дослідних об'єктах відображено на рис. 3.



а) дослідний об'єкт № 1

б) дослідний об'єкт № 2

Рис. 3. Діаграми розсіювання за коефіцієнтом структурності (Кстр)

Різниця між значеннями цього показника свідчить про суттєві відмінності агрофізичних умов, сформованих у ґрунтах внаслідок традиційного обробітку ґрунту без врахування особливостей агроценозів.

Мінливість показника структурності ґрунту спостерігається за розміром фракцій майже на кожній точці випробувань. У деяких частинах поля в усіх шарах ґрунту у структурному складі ґрунтів переважала фракція структурних макроагрегатів розміром 1,0–2,0 мм, в інших – брилистої фракції, що є вкрай негативним фактором (рис. 4).

В цілому, аналіз отриманих даних дозволяє стверджувати, що більшість досліджуваних ґрунтів об'єкту № 1 мають добрий та відмінний структурний склад, натомість, ґрунти об'єкту № 2 характеризуються переважно добрим та задовільним структурно-агрегатним складом.

Встановлено, що в усіх досліджених ґрунтах, які відносяться до чорноземів, зокрема опідзолених (в тому числі й намитих) найбільший уміст припадає на фракцію розміром 1–2 мм. Також у чорноземних ґрунтах спостерігається збільшення величини Кстр порівняно з відповідними значеннями показника, розрахованого для сірих та темно-сірих опідзолених ґрунтів. У деяких випадках найбільш сприятливі умови для формування агрономічно-цінних фракцій структури ґрунту спостерігаються зі збільшенням глибини випробувань.

Неоднорідність водостійкості агрегатів (за даними мокрого просіювання). Показники структури є досить інформативними щодо здатності ґрунту протистояти екстремальним зовнішнім впливам – поверхневому стоку, спричиненого зливами, таненням снігу та сильними вітрами. Зокрема, протиерозійна стійкість ґрунту напряму пов'язана із середньозваженим діаметром водотривких агрегатів і розраховується на основі «мокрого» просіювання ґрунту.

Для ґрунтів об'єкту № 1 сума водостійких агрегатів > 0,25 мм відповідає задовільній (30–40 %) та добрій водостійкості (40–60 %). Відмічено поодинокі випадки

відмінної (60–75 %) водостійкості структурних агрегатів (рис. 5).

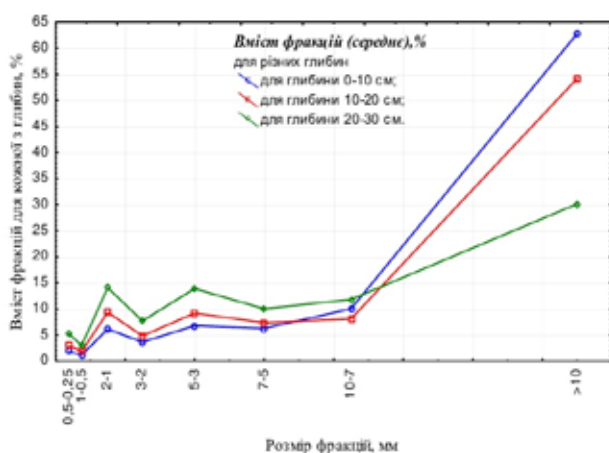
Для глибини 0-10 см водостійкі агрегати фракції знаходяться в межах від 29,80 % до 64,04 %, що відповідає задовільній, добрій та відмінній водостійкості агрегатів. В свою чергу, для глибини 10–20 см – від 36,04 % до 78,94 %, що характеризуються як задовільною водостійкістю, так і надмірно високою. Сприятлива водостійкість ґрунтів є наявною і на глибині 20–30 см, де агрегати знаходяться в межах від 45,84 % до 76,04 %.

Для більшості досліджених ґрунтів об'єкту № 2 характерною є відмінна водостійкість структурних агрегатів, лише незначна їх частина має задовільну та добру водостійкість структурних агрегатів (рис. 6). Для глибини 0–10 см водостійкі агрегати фракції знаходяться в межах від 40,36 % до 76,68 %, що відповідає добрій та відмінній водостійкості. Для глибини 10–20 см характерними є структурні агрегати із задовільною та надмірно високою водостійкістю, їх вміст коливається в межах від 32,18 до 77,44 %. Водостійкі агрегати фракції для глибини 20–30 см знаходяться в межах від 45,24 % до 75,28 %, де має місце і надмірно висока водостійкість агрегатів (> 75 %).

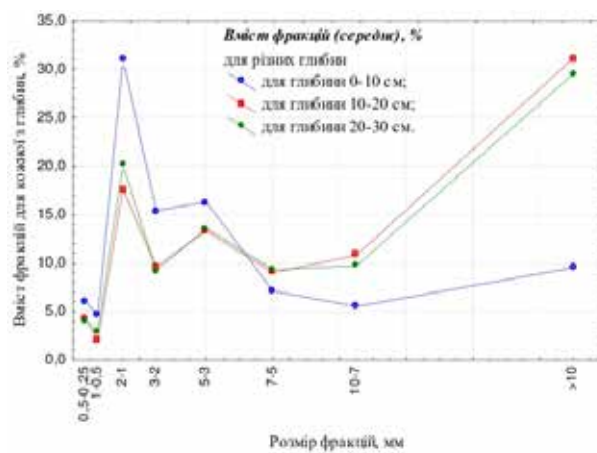
На зниження кількості мікроагрегатів і високу водостійкість у цьому випадку впливає тривале внесення вапняних меліорантів, що свідчить про їх добру цементуючу здатність і структуроутворення.

Обговорення. Слід зазначити, що ухил, крутизна схилу та його довжина, а також інші складові рельєфу відображають не тільки різні положення з ландшафтом, але і різні процеси ерозії та накопичення, ґрунтові, водні та температурні умови, а отже, і різний структурно-агрегатний склад, біологічну активність і ступінь водостійкості структури ґрунту (Singh et al., 2018).

Існує думка, що параметри місцевості – топографічні особливості, кривизна профілю і опуклість поверхні контролюють особливості фракційного розподілу ґрунтів (Pavlu et al., 2022).



а) дослідний об'єкт № 1



б) дослідний об'єкт № 2

Рис. 4. Діаграми розсіювання за брилистою фракцією на дослідних об'єктах

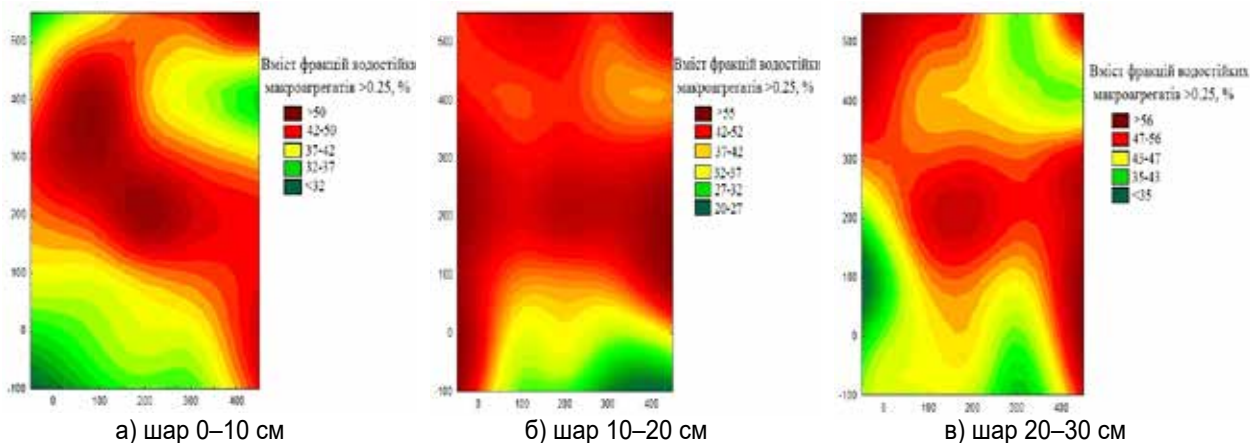


Рис. 5. Просторова неоднорідність розподілу фракцій водостійких агрегатів розміром $> 0,25$ мм на дослідному об'єкті № 1

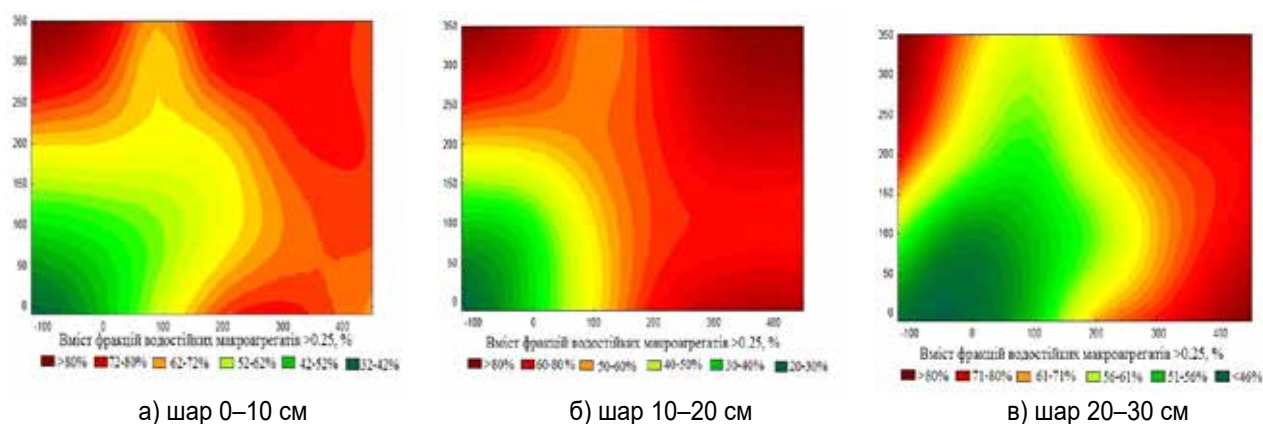


Рис. 6. Просторова неоднорідність розподілу фракцій водостійких агрегатів розміром $> 0,25$ мм на дослідному об'єкті № 2

Для агроценозу зі значною просторовою неоднорідністю рельєфу (об'єкту № 2), де наявна значна мінливість висот місцевості, експозиція схилів і кутів їх нахилу, збільшення брилистої фракції спостерігається разом із збільшенням висоти поверхні.

Встановлено, що наявність схилів різної крутизни, різних форм рельєфу та існування ґрунтів різного видового складу має прямий вплив на формування стійкості структурно-агрегатного складу та особливості фракційного розподілу агрегатів. Збільшення крутизни схилу негативно відображається на формуванні і розподілі структурних елементів: у підніжжях та на увігнутих частинах схилу збільшується вміст водостійких агрегатів через акумуляцію раніше еродованого ґрунтового матеріалу. На відносно вирівняних частинах досліджених об'єктів зосереджені добре оструктурені ґрунти, зокрема, темно-сірі опідзолені ґрунти об'єкту № 2.

Такі агрохімічні властивості ґрунту, як вміст органічної речовини, біологічна активність, показник рН ґрунту та наявність фізичної глини забезпечують особливі умови формування структурно-агрегатного складу. Найкращі показники структурно-агрегатного складу мають

чорноземні ґрунти. Саме в них переважають фракції повітряно-сухих агрегатів розміром від 1 до 10 мм, а пилюваті фракції складають незначний відсоток, навіть, у підорному шарі (Bronick & Lal, 2005). Більшість ґрунтів, з гарними показниками водостійкості агрегатів характеризуються наявністю достатньої кількості органічної речовини (Mammadov et al., 2021).

В межах агроценозу об'єкту № 1 з ухилом поверхні від 1,5 до 2,5 градусів на просторову неоднорідність за вмістом агрономічно-цінних агрегатів більше впливає генетична природа ґрунтів, ніж топографія місцевості. Обсяг цієї фракції переважає над вмістом брилистої та пилюватої фракції у досліджених зразках чорноземів опідзолених. Встановлено, що брилиста фракція переважає на ділянках із найнижчою висотою поверхні, де зосереджені темно-сірі опідзолені ґрунти. Серед фракцій мікроагрегатів переважають часточки розміром 0,05–0,01 мм, що пояснюється доброю мікроструктурністю лесоподібних порід Лісостепу України.

Погіршення структурно-агрегатного складу, зазвичай, пов'язано зі зниженням вмісту органічної речовини в орних ґрунтах (Shepherd et al., 2001, Naveed et al., 2014). Це під-

тверджується отриманими даними, за якими темно-сірі опідзолені ґрунти мають менший вміст агрономічно-цінних агрегатів порівняно з чорноземами опідзоленими. Проте, в свою чергу, темно-сірі опідзолені ґрунти характеризуються досить високою водостійкістю агрегатів.

У межах досліджених агроценозів Лівобережного Лісостепу України ґрунти відзначаються добре вираженою мікроагрегованістю. Водостійкість ґрунтових агрегатів збільшується з глибиною, що зумовлено закономірною зміною комплексу факторів структуроутворення. Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок щодо переважання водостійких фракцій розміром від 0,5 до 0,25 мм у досліджених ґрунтах.

Погіршення водостійкості агрегатів для об'єктів спостерігаються частково зі зменшенням висоти поверхні. В іншому випадку, найкращі значення водостійкості мають структурні агрегати чорноземів опідзолених, які є більш мікроагрегованими та налічують фракційний склад із високою стійкістю. Загалом, стійкість ґрунтових агрегатів досліджених агроценозів на різних глибинах є неоднаковою і характеризується значною мінливістю.

Висновки. Дослідження ґрунтів Лівобережного Лісостепу України свідчать про неоднорідність структурно-агрегатного складу ґрунтів в межах окремих агроценозів. Доведено, що існування неоднорідних за формою рельєфу територій, різного видового складу ґрунтів в межах агроценозів, а також ефективність ведення землеробської діяльності суттєво впливають на стабільність та вміст агрономічно-цінних та водостійких агрегатів. Найбільш стабільними агрегатами характеризуються ґрунти, розташовані на відносно плоских верхніх частинах території, де ерозійні процеси не мають значного впливу. Водостійкі агрегати також зосереджені на увігнутих частинах схилу через накопичення раніше еродованого ґрунтового матеріалу. Найнижчою стійкістю структурних агрегатів характеризуються ґрунти, розташовані на крутих схилах через наявний вплив ерозійних процесів. Разом з тим, визначається значний вплив генетичної природи ґрунтів на вміст агрономічно-цінних фракцій та водостійкість агрегатів: найбільш оструктуреними виявилися ґрунти чорноземного типу.

Бібліографічні посилання:

1. Agrofizicheskie issledovaniya v opytah po obrabotke i udobreniju pochv: metodicheskie rekomendacii. [Agrophysical research in experiments on soil cultivation and fertilization: methodological recommendations]. (1977). Ukrainskij nauchno-issledovatel'skij institut pochvovedeniya i agrohimii im. A. N. Sokolovskogo. Kharkiv, 58 (in Russian).
2. Brady, N. C. & Weil, R. R. (2016). The Nature and Properties of Soils. 15th edition. Fifteenth edition. Pearson, Columbus, 144–156.
3. Bronick, C. J. & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124, 3–22.
4. Cantón, Y., Solé-Benet, A., Asensio, C., Chamizo, S. & Puigdefábregas, J. (2009). Aggregate stability in range sandy loam soils relationships with runoff and erosion. *Catena*, 77, 192–199.
5. Coleman, D.C., Callahan, M.A. & Crossley, D.A. (2018). *Fundamentals of Soil Ecology* (third ed.). Academic Press, Elsevier, London, UK. 15–19.
6. Chornyi, S.H. (2018). Otsinka yakosti gruntiv: navchalnyi posibnyk. Mykolaiv: MNAU, 26–29 (in Ukrainian).
7. DSTU 4287:2004. Yakist hruntu. Vidbyrannia prob [Soil Quality. Sampling] (2005). Derzhspozhyvstandart, Kyiv, 9 (in Ukrainian).
8. DSTU 4730:2007. Yakist hruntu. Vyznachannia hranulometrychnoho skladu metodom pipetky v modyfikatsii N.A. Kachynskoho [Soil Quality. Determination of granulometric composition by pipette method in modification of N.A. Kaczynski]. (2009). Derzhspozhyvstandart, Kyiv, 19 (in Ukrainian).
9. DSTU 4744:2007. Yakist hruntu. Vyznachennia strukturno-ahrehatnoho skladu sytovym metodom u modyfikatsii N. I. Savvinova [Soil Quality. Determination of structural-aggregate composition using sieve method in the version of N. I. Savvinov]. (2008). Kyiv, Derzhspozhyvstandart, 12 (in Ukrainian).
10. Duan, L., Sheng, H., Yuan, H., Zhou, Q. & Li, Z. (2021). Land use conversion and lithology impacts soil aggregate stability in subtropical China. *Geoderma*, 389.
11. Gajic, B., Dugalic, G. & Djurovic, N. (2006). Comparison of soil organic matter content, aggregate composition and water stability of gleyic fluvisol from adjacent forest and cultivated areas. *Agronomy Research*, 4 (2), 499–508.
12. Gholoubi, A., Emami, H. & Caldwell, T. (2019). Deforestation effects on soil aggregate stability quantified by the high-energy moisture characteristic method. *Geoderma*, 355, 113919. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.113919
13. Magdoff, F. R. & Es, H. M. (2000). *Building Soils for Better Crops*. Second edition. Handbook Series Book 4. Sustainable Agric. Network, Beltsville, MD, 21–32.
14. Mammadov, G. & Leah, T. (2021). Changes of some agrophysical properties of Azerbaijan dry subtropics soils using various fertilizer systems. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 2, 63–70.
15. Medvedev, V. V. (2007). Neodnorodnost pochv i tochnoe zemledelie. Chast 1. Vvedenie v problemu. [Soil heterogeneity and precision farming. Part 1. Introduction to the problem]. Kharkiv: 13 tipografiya, 62–66 (in Russian).
16. Medvedev, V. V. (2008). Struktura pochvy: metody, genesis, klassifikatsiya, evolyutsiya, geografiya, monitoring, ohrana [Soil structure: methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection]. Kharkiv: 13 tipografiya, 38–63 (in Russian).
17. Medvedev, V. V. (2009). Neodnorodnost pochv i tochnoe zemledelie. Chast 2. Rezultaty issledovaniy. [Soil heterogeneity and precision farming. Part 2. Results of research]. Kharkiv: Gorodskaya tipografiya, 31–97 (in Russian).
18. Naveed, M., Moldrup, P., Vogel, H.-J., Lamande, M., Wildenschild, D., Tuller, M. & Jonge L. W. (2014). Impact of long-term fertilization practice on soil structure evolution. *Geoderma*, 217, 181–189.
19. Nedvyha, M. V. & Halasun, Y. P. (2012). Strukturno-ahrehatnyi stan chornozemu opidzolenoho za tryvaloho zastosuvannia riznykh system udobrennia u lantsi polovoi sivozminy [Structural and aggregate state of black soil ashed with prolonged use of various fertilization systems in the field crop rotation link]. *Zahalne zemlerobstvo*, 1–2, 34–43 (in Ukrainian).

20. Patra, S., Julich, S., Feger, K. H., Jat, M. L., Jat, H., Sharma, P. C. & Schwarzel, K. (2019). Soil hydraulic response to conservation agriculture under irrigated intensive cereal-based cropping systems in a semiarid climate. *Soil Tillage Resources*, 192, 151–163.
21. Pavlu, L., Kodesova, R., Vasat, R., Fer, M., Klement, A., Nikodem, A. & Kapicka, A. (2022). Estimation of the stability of topsoil aggregates in areas affected by water erosion using selected soil and terrain properties. *Soil and Tillage Research*, 219(1), 105348. doi: 10.1016/j.still.2022.105348.
22. Puvlichna kadastrova karta Ukrainy [Public cadastral map of Ukraine]. Access mode: <https://map.land.gov.ua> (in Ukrainian).
23. Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S. & Vogel, H. J. (2018). Soil structure as an indicator of soil functions. *Geoderma*, 314, 122–137. doi: 10.1016/j.geoderma.2018.04.006.
24. Schlueter, S., Sammartino, S. & Koestelc, J. (2020). Exploring the relationship between soil structure and soil functions via pore-scale imaging. *Geoderma*, 370, 114370. doi: 10.1016/j.geoderma.2020.114370.
25. Shepherd, T. G., Saggarr, S., Newman, R. H., Ross, C. W. & Dando, J. L. (2001). Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fraction in New Zealand soils. *Australian Journal of Soil Research*, 39, 465–489. doi: 10.1071/SR00018
26. Shevchenko, M.V. (2019). Naukovi osnovy system obrobittu gruntuv v umovah nestikoho ta nedostanioho zvolozhenia: momografa [Scientific foundations of soil cultivation systems in conditions of unstable and insufficient moisture: monograph]. KhNAU, Kharkiv, 18–34 (in Ukrainian).
27. Singh, P. & Benbi, D. K. (2018). Soil organic carbon pool changes in relation to slope position and land-use in Indian lower Himalayas. *Catena*, 166, 171–180. doi: 10.1016/j.catena.2018.04.006.
28. Slimani, H., Aidoud, A. & Roze, F. (2010). 30 Years of protection and monitoring of a steppic rangeland undergoing desertification. *Journal of Arid Environments*, 74, 685–691.
29. Sokolovsky, A. N. (1971). Izbrannyye trudy [Selected writings]. Pochvovedenie i agrokimiya. Urozhaj, Kiev, 58–107 (in Russian).
30. Tirgarsoltani, M. T., Gorji, M., Mohammadi, M. H. & Millan, H. (2014). Evaluation of models for description of wet aggregate size distribution from soils of different land uses. *Soil Science & Plant Nutrition*, 60 (2), 123–133.
31. Tsapko, Yu. L. & Ohorodnia, A. I. (2014). Vplyv kultur-fitomeliorativ na strukturnyi sklad chornozemu opidzolenoho Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The impact of individual phyto-ameliorative crops upon the structural composition of podzolic chernozem of eastern forest steppe in Ukraine]. *Visnyk KhNAU imeni V. V. Dokuchaieva*, 2, 20–25 (in Ukrainian).
32. Zhang, P., Wang, Y., Xu, L., Li, R., Sun, H. & Zhou, J. (2021). Factors controlling spatial variation in soil aggregate stability in a semi-humid watershed. *Soil Tillage Research*, 214, 10. Res. doi: 10.1016/j.still.2021.105187

Plisko I.V., Doctor (Agricultural Sciences), Senior Research Fellow, National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine

Kutsova K.M., PhD student, National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine

Spatial heterogeneity of structural and aggregate composition of soils within separate agrocenoses of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine

The results of the study of the structural and aggregate composition of heterogeneous landforms of separate agrocenoses of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine are highlighted. The strengthening of anthropogenic impact on soils leads to deformation, destruction of micro- and macro-aggregates and is reflected in the efficiency of agricultural activity, which actualizes the study of structural and aggregate composition of arable soils and assessment of heterogeneity of their main indicators. The heterogeneity of the content of structural fractions of aggregates, including water-resistant ones, is investigated by the sieve method in the modification of N.I. Savvinov (DSTU 4744: 2007) using methods of statistical and geostatistical data analysis. The influence of the components of the relief and genetic nature of soils on the heterogeneity of structural and aggregate composition and water resistance of soil aggregates is analyzed. It was found that the structural composition of the soils of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine is dominated by agronomically valuable aggregates. The variability of the heights of the terrain, the slope exposure and the angles of their inclination was characterized by close links with the formation of the lumps fraction. Its increase was observed together with the increase in surface height. Orographic heterogeneity in space determines the differentiation of the stability of soil aggregates of experimental agrocenoses at different depths. It is found that the increase in slope steepness has a negative effect on the formation and distribution of structural elements: in the foothills and concave parts of the slope, it is increased the content of water-resistant units due to the accumulation of previously eroded soil material. Well-structured soils are concentrated on relatively leveled parts of the studied objects. Type composition of soils is variable over a relatively short distance due to the different intensity of accumulation processes, which determines the territorial mosaic of structural and aggregate composition and content of water-resistant aggregates. It is established that dark gray podzolized soils are determined by excessive water resistance of soils and, in some cases, the predominance of silty fraction, in contrast to chernozems podzolized with favorable conditions and better structural and aggregate composition.

Key words: agrocenosis, soil aggregates, spatial heterogeneity, structural-aggregate composition, water resistance.