

## ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ МІНЛИВОСТІ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЗА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

**С. О. СИЧЕВСЬКИЙ**, аспірант\* кафедри ґрунтознавства та охорони родючості ґрунтів ім. проф. М. К. Шукли,

**О. Л. ТОНХА**, доктор с.-г. наук, професор кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шукли  
E-mail: [oksana16095@gmail.com](mailto:oksana16095@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0677-5494>

**О. В. ПІКОВСЬКА**, кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шукли

E-mail: [pikovska\\_olena@ukr.net](mailto:pikovska_olena@ukr.net)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5052-9223>

Національний університет біоресурсів та природокористування України

**Анотація.** На дослідних полях ТОВ “Лотівка Еліт” Шепетівського району Хмельницької області проведена оцінка просторової неоднорідності показників фізико-хімічних властивостей чорнозему опідзоленого. Статистичний аналіз даних проведено за такими показниками: число спостережень ( $n$ ); середнє значення ( $X_{av}$ ); стандартне відхилення ( $S$ ); коефіцієнт варіації ( $Cv$ ); абсолютна помилка середнього ( $SX_{av}$ ). Аналіз імовірності природи вмісту гумусу виконано за індексом вмісту гумусу – відношенням фактичного вмісту гумусу в контрольній точці до середнього арифметичного.

Виявлено, що ймовірність прояву середніх (типових) значень вмісту гумусу на досліджуваному об’єкті не перевищує 50 %, відхилення ймовірностей від середнього рівня вмісту гумусу в бік зниження не перевищують 40 % територіального поширення. Просторова мінливість вмісту гумусу й рухомого кальцію середня,  $Cv$  складає 19–23 % (10 більше  $Cv$  менше 25). Статистичний параметр вмісту кальцію в шарі ґрунту 0–30 см у середньому –  $252,4 \pm 10,0$ , максимальний –  $350,0 \pm 9,11$  мг/100 г ґрунту. Загалом на території поля переважають ґрунти з умістом рухомого кальцію 240,0–290,0 мг/100 г ґрунту. Активна кислотність характеризувалася слабкою варіабельністю, середній показник складав  $6,5 \pm 0,3$ , максимальний –  $7,3 \pm 0,2$  одиниць рН. Урожайність пшениці озимої мала слабкий ступінь мінливості із середнім показником  $87,4 \pm 4,3$  ц/га.

\* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор О. Л. Тонха.

**Ключові слова:** просторова неоднорідність ґрунтового вкриття, варіабельність, чорнозем опідзолений, фізико-хімічні показники.

Точне землеробство розглядається як сукупність технологічних прийомів, що забезпечують диференціювану обробку певних ділянок поля з урахуванням його неоднорідності за показниками родючості, поширенню шкідників, хвороб і бур'янів для економічно ефективного та екологічно обґрунтованого землекористування (Шпаар Д. Я., Захаренко В. В., Якушев В. В., 2009; Якушев В. В., 2016; Важенін І. Г., 1963). Переважну частину ґрунтів не можна назвати однорідними як за ґрунтовими властивостями, так за показниками родючості. Причинами є природна неоднорідність ґрунтового покриву орних територій, а також антропогенна – нерівномірність обробітку і внесення добрив, особливості сівозміни та ін. Для впровадження точного землеробства (Медведев, 2010, Якушев В.В. 2016) необхідно описати закономірності просторових змін агрохімічних властивостей ґрунтів і показників урожайності на рівні певного виробничого поля. Для їхнього розв'язку застосовуються підходи на основі геостатистики.

Уміст гумусу і фізико-хімічні показники є одними з найважливіших для оцінювання стану ґрунту і його змін, прогнозування деградації. Важливість оцінювання вмісту гумусу (SOC) визначає його роль у формуванні та відтворенні родючості і продуктивності ґрунту (Шпаар, Захаренко, Якушев, 2009; Якушев, 2016; Kravchenko et al., 2005). Медведевим В. В. (2010) віднесено гумус до «індукційного показнику варіювання ґрунтових властивостей», тобто до

ознак, зміна яких впливає на характер варіювання динамічних показників. Варіабельність у просторі параметрів вмісту гумусу багато дослідників розглядають як критерій оцінки змін гумусованості ґрунтів певної території в часі. Однак, сукупність факторів, що впливають на цю варіабельність, згідно з висновками широкого кола дослідників, є настільки ж різноманітною, наскільки різноманітними є напрями досліджень і розмір досліджуваного простору, а також природні умови, характер використання земель та інтенсивність антропогенного навантаження. Найвищі коефіцієнти варіації за вмістом гумусу відмічають саме для верхнього шару ґрунту (Mishra, Riley, 2012).

Дослідники з Індії зазначали, що коефіцієнт просторової варіації SOC, порівняно з іншими властивостями, є середнім –  $C_v = 21\text{--}41\%$ , тоді як  $C_v$  рН =  $2\text{--}12\%$ , а  $C_v$  доступного фосфору –  $39\text{--}157\%$  (Martin et al., 2010).

Запаси органічного вуглецю пов'язують із такими властивостями ґрунту: вміст мулу (Vos et al., 2017), електропровідність (Batjes, Sombroek, 1997), фізичні характеристики (Медведев, 2010), серед яких найбільш важливими для деяких регіонів вважають щільність будови, водоутримувальну здатність (Batjes, Sombroek, 1997), а також агрохімічними показниками (Витковская, Изосимова, Лекомцев, 2010; Tonkha O.L. et al., 2018). Неоднорідність вмісту гумусу низька, показники коливаються в межах  $2,40\text{--}3,65\%$  (рівень забезпеченості — середній та підви-

щений). Реакція ґрунтового середовища на досліджуваних полях господарства варіює в межах 6,2–8,5 (від нейтральної до лужної). Цуркан О.І. вказує, що висока варіабельність є наслідком не лише різнонаправленої дії природних, але й антропогенних чинників. Нерівномірність внесення добрив і меліорантів, обробіток ґрунту посилює варіабельність агрохімічних властивостей чорноземів. Причини цього в недосконалої технології і техніки виконання агротехнічних робіт (Цуркан, 2012).

Тому метою роботи було дослідження просторової неоднорідності фізико-хімічних показників орного шару чорнозему опідзоленого за допомогою геостатистических методів.

### **Матеріали та методи досліджень.**

Дослідження проводили впродовж 2014–2016 рр. на дослідних полях ТОВ “Лотівка Еліт”. Земельна ділянка знаходилась у північній частині Шепетівського району, у північно-західній частині Правобережного Лісостепу, що відноситься до північного агрокліматичного району області. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений середньосуглинковий на лесі. Зразки ґрунту відбиралися з 0-30 см шару ґрунту з контрольних точок згідно з ISO 10381-2. Підготовка до хімічного аналізу здійснювалася згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Уміст загального гумусу – за методом Тюріна в модифікації Сімакова (ДСТУ 4289 : 2004), обмінний кальцій та активну кислотність аналізували згідно ДСТУ 4362 : 2004, уміст фізичної глини визначали за методом піпетки в модифікації Н. А. Качинського (ДСТУ

4730:2007). Збір урожаю здійснювався промисловими комбайнами, обладнаними системами картографування урожайності. Дані оброблялися методом дисперсійного аналізу за Б. О. Доспеховим та з використанням комп’ютерних програм Microsoft Excel®, Statistica®, FarmWorks®. Статистичний аналіз вибраних даних проведено за такими показниками: число спостережень ( $n$ ); середнє значення ( $X_{av}$ ); дисперсія ( $S_2$ ); стандартне відхилення ( $S$ ); помилка середнього ( $X$ ), коефіцієнт варіації ( $C_v$ ); абсолютна помилка середнього ( $SX_{av}$ ); медіана ( $M$ ); нижній кватиль ( $Nk$ ), верхній кватиль ( $Dk$ ).

### **Результати досліджень та їх обговорення.**

Інтегральним показником потенційної родючості чорноземних ґрунтів, які є одним із багатств України, вважається органічна речовина ґрунту (Балаєв, Піковська, Тонха, 2019). Збільшення інтенсивності використання чорноземних ґрунтів і порушення принципів раціонального їхнього використання призводять до втрати гумусу і зміни його якісного складу. Встановлено, що вилучення нетоварної частки врожаю, інтенсивний обробіток ґрунту впливає на співвідношення процесів мінералізації й гуміфікації органічної речовини чорноземів (Піковська, Вітвіцька, 2016). Гумус впливає на інші фізико-хімічні та агрохімічні властивості чорноземів опідзолених, у тому числі на суму обмінних катіонів та сміст катіонного обміну, буферність ґрунту, а також на вміст елементів живлення. Між цими показниками є кореляційні зв’язки. У результаті проведених досліджень нами було встановлено



Рис. 1. Розподіл зразків ґрунту за вмістом кальцію

кількість випадків з однаковим вмістом кальцію (рис.1), вмістом гумусу (рис. 2), активною кислотністю (рис. 3), фізичною глиною (рис. 4).

Уміст рухомого кальцію змінювався від 160 до 480 мг/100 г ґрунту, найбільша кількість випадків (7) була у зразках з вмістом 240 і 290 мг/100 г ґрунту.

Уміст гумусу на досліджуваному полі коливався в широкому діапазоні від 1,5 до 5,7%, водночас найбільша кількість випадків (9) відмічена за вмісту гумусу 3,0%. Отже, даний факт

свідчить про виражену просторову неоднорідність ґрунтового покриття.

Реакція середовища також варіювала в широкому спектрі і складала від 5,9 (слабокисла) до 8,3 (середньолужна). За показником рН більша частина поля була мала близьку до нейтральної реакцію ґрунтового середовища – 6,4.

Уміст фізичної глини змінювався від 35 до 53 %, тобто за класифікацією Н. А. Качинського змінювався від середньосуглинкового до важко-

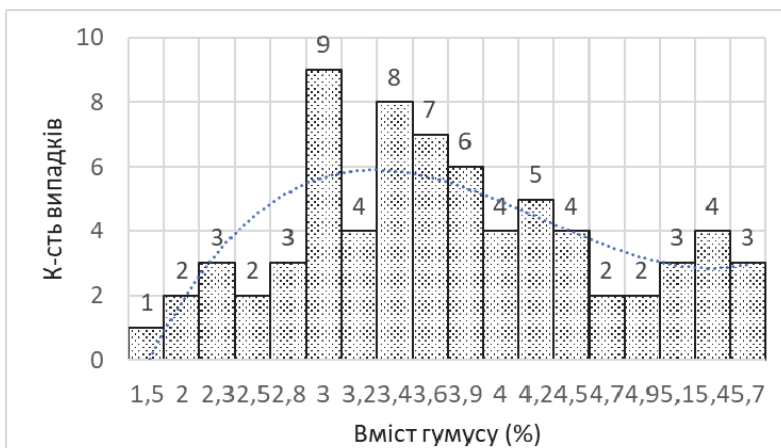


Рис. 2. Розподіл зразків ґрунту за вмістом гумусу

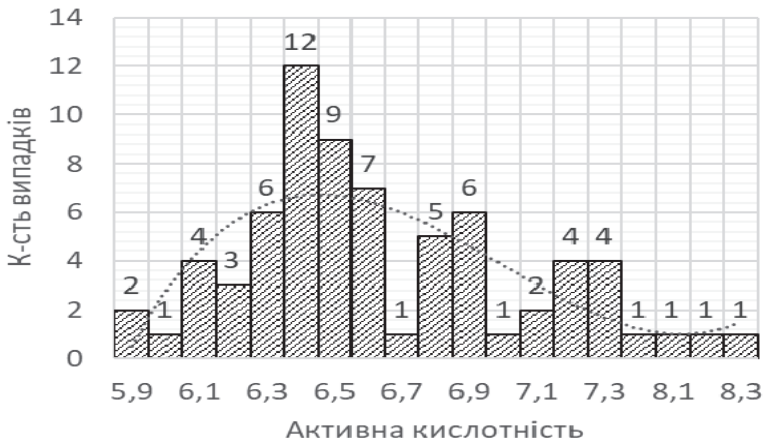


Рис. 3. Розподіл зразків ґрунту за рН водним

суглинкового. Найбільша кількість випадків (16) віднесена середньосуглинкового гранулометричного складу з умістом фізичної глини 41 %.

Для встановлення однорідності або неоднорідності фізико-хімічних показників ґрунтів Б. Г. Розанов (2004) запропонував використовувати коефіцієнт варіації. Якщо він складає більше 25 %, тоді неоднорідність гарантована, за значення 25–15 % – середня неоднорідність, 15–5 % – сумнівна, менш 5 – відсутня. На нашу думку, даний метод простий у

використанні та його доцільно використовувати під час поділу поля за неоднорідністю та впровадження точного землеробства.

Статистичний аналіз фізико-хімічних показників чорнозему опідзоленого наведений у таблиці 1. Чорнозем опідзолений досліджуваної ділянки характеризувався середньою неоднорідністю вмістом загального гумусу (23 %) і рухомого кальцію (19 %). Коефіцієнт варіації решти показників був меншим за 10 %, що вказує на сумнівну варіацію.

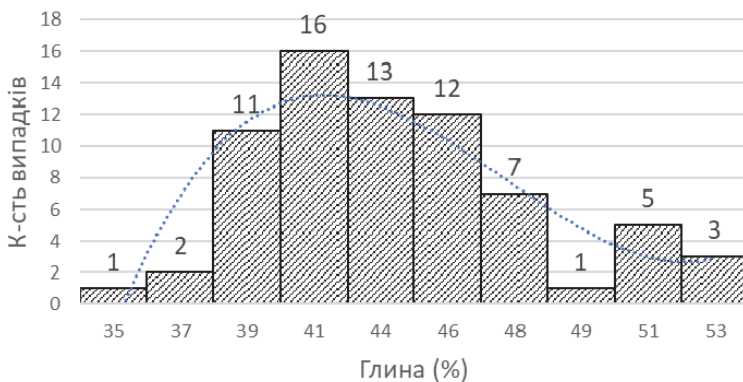


Рис. 4. Розподіл зразків ґрунту за вмістом фізичної глини

### 1. Статистичний аналіз фізико-хімічних показників й урожайності пшениці озимої

Показник	n	Xсеп	S	X	Cv	Min	Nk	M	Dk	Max
Вміст гумусу (%)	25	3,4	0,8	0,16	23	1,5	3,0	3,4	3,9	5,2
Фізична глина (%)	25	41,3	3,4	0,7	8	34,5	39,1	41,4	43,7	49
Вміст кальцію (мг/100 г ґрунту)	25	252,4	50,1	10,0	19	160	240,0	250,0	290,0	350
Активна кислотність, рН Н <sub>2</sub> О	25	6,5	0,3	0,1	4	6	6,3	6,4	6,6	7,3
Урожайність пшениці озимої, ц/га	25	87,4	4,3	0,9	5	78,3	83,8	87,5	91,0	94,8

Мінливість вмісту гумусу була середньою,  $C_v = 23\%$  ( $10 < C_v < 25$ ). Статистичний параметр умісту гумусу в шарі ґрунту 0-30 см у середньому складав  $3,440 \pm 0,80$ , максимальний –  $5,213 \pm 0,061\%$ . Загалом на території поля переважають ґрунти з умістом гумусу 3,0–3,9%.

Мінливість умісту рухомого кальцію середня,  $C_v = 19\%$  ( $10 < C_v < 25$ ). Статистичний параметр умісту кальцію в шарі ґрунту 0–30 см у середньому –  $252,4 \pm 10,0$ , максимальний –  $350,0 \pm 9,11$  мг/100 г ґрунту. Переважають ґрунти з умістом рухомого кальцію 240,0-290,0 мг/100 г ґрунту.

Активна кислотність характеризувалась слабкою варіабельністю,

середній показник складав  $6,5 \pm 0,3$ , максимальний –  $7,3 \pm 0,2$  одиниць рН. Переважали ґрунти з реакцією ґрунтового середовища 6,3–6,4 одиниць рН.

Урожайність пшениці озимої мала слабкий ступінь мінливості із середнім показником  $87,4 \pm 4,3$  ц/га.

Аналіз ймовірності природи вмісту гумусу виконано за індексом умісту гумусу – відношенням фактичного вмісту гумусу в контрольній точці до середнього арифметичного у варіаційному ряду (рис. 5).

Виявлено, що ймовірність прояву значень умісту гумусу на досліджуваному об'єкті із середнім (типовим) значенням не перевищує 50%. Водночас відхилення ймовірностей від

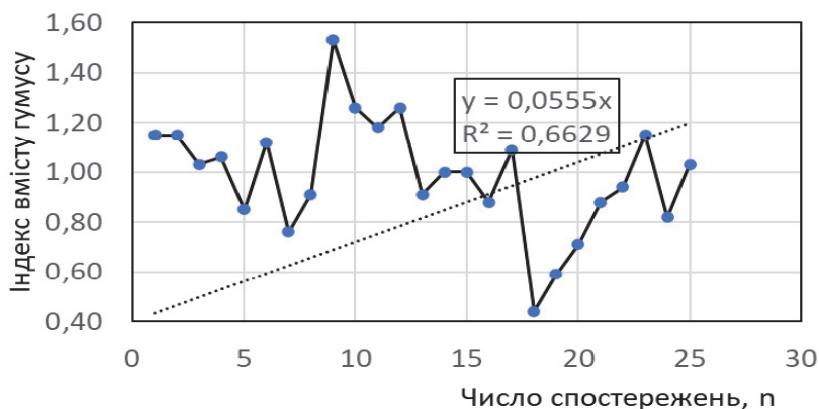


Рис. 5. Розподіл індексу вмісту гумусу територією поля

середнього рівня гумусу в бік зниження не перевищують 44 % територіального поширення.

### Висновки і перспективи.

У результаті проведених досліджень на дослідних полях ТОВ «Лотівка Еліт» Хмельницької області встановлено розподіл показників фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Ймовірність прояву середніх значень вмісту гумусу не перевищує 50 %. Просторова мінливість вмісту гумусу й рухомого кальцію середня,  $C_v$  складає 19–23 % (10 більше  $C_v$  менше 25). На території поля переважають ґрунти з вмістом рухомого кальцію 240,0–290,0 мг/100 г ґрунту. Активна кислотність характеризується слабкою варіабельністю. Урожайність пшениці озимої мала слабкий ступінь мінливості із середнім показником  $87,4 \pm 4,3$  ц/га.

Отже, на досліджуваній ділянці чорнозему опідзоленого за коефіцієнтом варіації фізико-хімічних показників, які становили 19–23 %, доцільно застосувати диференційне внесення добрив.

### References

1. Shpaar D. Ya., V. V. Zakharenko, V. V. Yakushev (2009) *Tochnoye sel'skoye khozyaystvo* [Precision Agriculture]. 234.
2. Yakushev V.V. (2016) *Tochnoye zemledeliye: Teoriya i praktika*. [Precision farming: theory and practice]. SpB: FGBNU AFU, 364.
3. Vazhenin I. G. (1963) *Primeneniye metoda variatsionnoy statistiki v pochvenno-agrokhimicheskikh issledovaniyakh*. [Application of the method of variation statistics in soil-agrochemical research]. *Pochvovedeniye*. № 2. P. 83–89.
4. Medvedev V. V. (2010) *Neodnorodnost' kak zakonomernoye proyavleniye gorizonta'noy struktury pochvennogo pokrova*. [Heterogeneity as a natural manifestation of the horizontal structure of the soil cover]. *Gruntovoznavstvo*. 2010. T. 11. № 1–2. P. 6–15.
5. Martin D., Lal T., Sachdev C. B., Sharma J.P. (2010) *Soil organic carbon storage changes with climate change, landform and land use conditions in Garhwal hills of the Indian Himalayan mountains*. *Agr Ecosyst Environ*. № 138. P. 64–73.
6. Vos C., Don A., Hobbey E. [et al.] (2017) *Drivers for spatial variability in agricultural soil organic carbon stocks in Germany*. *Geophysical Research*. 2017. Vol. 19, P. 1150–1158.
7. Batjes N.H., Sombroek W.G. (1997) *Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils*. *Global Change Biology*. № 3. P. 161–173.
8. Mishra U., Riley W.J. (2012) *Alaskan soil carbon stocks: spatial variability and dependence on environmental factors*. *Biogeosciences*. № 9, 3637–3645. DOI: 10.5194/bg-9-3637-2012.
9. Kravchenko A.N., Robertson G.P., Snap S.S., Smucker A.J.M. (2005) *Using information about spatial variability to improve estimates of total soil carbon* / *Agronomy Journal*. Vol. 98, № 3, P. 823–829.
10. Vitkovskaya S.Ye., Izosimova A.A., Lekomtsev P.V. (2010) *Otsenka prostranstvennoy neodnorodnosti agrokhimicheskikh parametrov pochvy v predelakh delyanki polevogo opyta s assessment of the spatial heterogeneity of soil agrochemical parameters within the plot of the field experiment*. *Agrokhimiya*. № 3. S. 75–82.
11. Tonkha O.L., Sychevskiy S.O., Pikovskaya O.V., Kovalenko V.P. (2018) *Modern approach in farming based on estimation of soil properties variability* / 12th International Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, 68–74.
12. Tsurkan O. I. (2012) *Prostorova neodnorodnist' ahrokhimichnykh vlastyvostey hruntiv v mezhakh terytoriyi Nyzhn'odnistrov's'koyi zroshuvai'noyi systemy*. [Spatial hetero-

- geneity of agrochemical properties of soils within the Lower Dniester irrigation system]. Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya : Heohrafichni ta heolohichni nauky. T. 17, Vyp. 2. P. 79-83
13. Rozanov B.G. (2004) Morfologiya pochv. [Soil morphology] M.: MGU, «Akademicheskiiy proyekt», 2004. 432.
14. Balaev, A., Pikovska, O., & Tonkha, O. (2019). Vmst humusu ta labil'nykh orhanichnykh rechovyn za riznoho vykorystannya chornozemu typovoho [Content of humus and labile organic substances with different use of typical chernozem] Naukovyy zhurnal «Roslynnnytstvo ta ґruntoznavstvo», (286), 173-179. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/view/10851>
15. Pikovska O. V, Vitvitska O. I. (2016) Vplyv zas-tosuvannya solomy na pokaznyky rodyuchosti chornozemu typovoho. [Influence of straw application on fertility indexes of typical chernozem]. Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya : Ahronomiya. 2016. Vyp. 235. S. 160-166. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_agr\\_2016\\_235\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2016_235_21)
- 

**S. O. Sychevskyy, O. L. Tonkha, O. V. Pikovska (2020). EVALUATION OF SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF CHERNOZEM PODZOLIC WITH THE USING OF PRECISE AGRICULTURE TECHNOLOGIES.**

PLANT AND SOIL SCIENCE, 11(4): 52–59. <https://doi.org/10.31548/agr2020.04.052>

**Abstract.** On the experimental fields of “Lotivka Elite” LLC of Shepetivka district of Khmelnytsky region the estimation of spatial heterogeneity of indicators of physical and chemical properties of chernozem podzolic was carried out. Statistical analysis of the data was performed on the following indicators: number of observations ( $n$ ); average value ( $X_{av}$ ); standard deviation ( $S$ ); coefficient of variation ( $C_v$ ); absolute error of the mean ( $SX_{av}$ ). The analysis of the probability of the nature of the humus content was performed according to the humus content index - the ratio of the actual humus content at the control point to the arithmetic mean. It is revealed that the probability of manifestation of average (typical) values of humus content at the studied object does not exceed 50%, deviations of probabilities from the average level of humus content in the direction of decrease do not exceed 40% of territorial distribution. Spatial variability of humus and mobile calcium content is average,  $C_v$  is 19–23% (10 more  $C_v$  less than 25). Statistical parameter of calcium content in the soil layer 0-30 cm on average –  $252.4 \pm 10.0$ , maximum -  $350.0 \pm 9.11$  mg / 100 g of soil. In general, the field is dominated by soils with a content of mobile calcium 240.0-290.0 mg / 100 g of soil. Active acidity was characterized by low variability, the average was  $6.5 \pm 0.3$ , the maximum -  $7.3 \pm 0.2$  pH units. The yield of winter wheat had a low degree of variability with an average of  $87.4 \pm 4.3$  c / ha.

**Keywords:** spatial inhomogeneity of soil cover, variability, podzolic chernozem, physicochemical parameters.

---