

Аулін В.В.Кіровоградський національний
технічний університет,
м. Кіровоград, Україна
E-mail: aulin52@mail.ru**СТАН САМООРГАНІЗАЦІЇ СЕРЕДОВИЩА
ҐРУНТУ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗНОСУ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН**

УДК 621.891:631.31

Розглянуто закономірність зміни щільності ґрунту від вмісту його органічної складової – гумусу. Показано, що при умові коли рівноважна і оптимальна щільності ґрунту співпадають реалізується стан самоорганізації ґрунту. Досліджено залежність зносу зразків і робочих органів від вмісту гумусу в ґрунті. Виявлено, що при вмісті гумусу, що визначає стан самоорганізації ґрунту, величина зносу мінімальна і подальше збільшення вмісту гумусу практично не впливає на знос.

Ключові слова: ґрунт, щільність ґрунту, гумус, самоорганізація ґрунту, знос.

Вступ

Досліджуючи закономірності взаємодії робочих органів ґрунтообробних машин (РОГМ) з ґрунтом вважали ґрунт специфічним трибоелементом, який характеризується власною зношувальною здатністю, має напружено-деформований, гранулометричний, елементний та фазовий стани [1 - 3]. На думку А.С. Кушнарева [4] ґрунт можна вважати живим організмом, що повинно бути вирішальним і основоположним в створенні систем землеробства та конструюванні РОГМ. Оскільки ґрунт, за визначенням В.І. Вернадського [5], є в свою чергу підсистемою, що впливає на перебіг процесів в біосфері, то будь-які дії (механічні, фізичні, хімічні, біологічні) на нього, врахування трибологічних і реологічних властивостей, повинні стати предметом вибору раціональної технології його обробітку. При цьому основною метою обробітку ґрунту є зміна його щільності [2, 3, 6]. З досягненням її рівноважного значення, як умови природного стану, даний тип ґрунту, як відкрита інформаційна система має здатність до самоорганізації.

Щільність ґрунту є інтегральним показником його стану. Врахування понять рівноважна та оптимальна щільність дозволяє виявити характерні закономірності взаємодії, тертя та зношування в трибосистемі (ТС) "РОГМ-ґрунт", оцінити енерговитрати, здійснити вибір способу і глибини обробітку ґрунту.

Рівноважна щільність - щільність, якої набуває ґрунт після певного часу механічної дії РОГМ під впливом внутрішніх зв'язків різної природи - хімічною, фізичною біологічною і взаємодією протікаючих процесів. Оптимальна щільність - щільність ґрунту, що забезпечує найбільш продуктивний розвиток вирощуваної культури, і що відображає фізіологічні особливості вирощуваних рослин, а також їх вимоги до ґрунту, тобто – це "генетична" пам'ять рослини на умови існування.

Існує стійка закономірність між щільністю ґрунту і урожаєм сільськогосподарських культур. Зменшення або, особливо, збільшення щільності ґрунту, у порівнянні з оптимальною на $0,1 \dots 0,3 \text{ г/см}^3$, може привести до зниження урожаю на 20 ... 40 % [7].

Рівноважна і оптимальна щільність ґрунту не завжди співпадають по величині. Випадки, коли рівноважна щільність ґрунту вище оптимальної (ущільнений стан), безпосередньо пов'язані з природними умовами походження ґрунту та рівнем техногенного впливу на нього. Ущільнений стан ґрунту супроводжується рядом серйозних негативних явищ, відмічених в роботах [4,6].

Зрозуміло, що основним завданням обробітку ґрунту при дії на нього РОГМ, при зміні стану з реальною щільністю, полягає у наближенні її до оптимального значення. В дослідженнях [4,6] наведена спроба деякого впорядкування залежності оптимальної щільності, типу і різновиду ґрунтів та умов розвитку вирощуваних культур. Виявлено, що діапазон оптимальної щільності знаходиться в межах $1,1 \dots 1,25 \text{ г/см}^3$. Через недостатнє методологічне і методичне забезпечення стану самоорганізації ґрунту є необхідність у системних дослідженнях у цьому напрямі, а отже і визначенні впливу ґрунту з рівноважною і оптимальною щільністю на закономірності тертя та зношування РОГМ і енергетичні витрати під час взаємодії в ТС "РОГМ-ґрунт".

Дослідження закономірностей розподілу щільності та вплив на них еволюції станів ґрунту дають підстави для вибору способу і глибини обробітку, врахуванні його при виявленні закономірностей тертя і зношування РОГМ.

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є виявлення умов реалізації стану самоорганізації ґрунту як елементу трибосистеми "РОГМ-ґрунт" та його впливу на закономірності тертя та зношування РОГМ.

Однією з важливих задач трибології ґрунту є визначення стану його самоорганізації та впливу на характер взаємодії з РОГМ.

Виклад матеріалів досліджень

Аналіз можливих випадків розподілу щільності по глибині оброблюваного шару свідчить про існування чотирьох типів станів ґрунту [4, 8]:

- щільність ґрунту в оброблюваному шарі вище оптимальної;
- щільність ґрунту в оброблюваному шарі і нижче знаходиться в стані оптимальної щільності;
- верхній шар ґрунту переущільнений, проте нижні шари орного горизонту знаходяться в стані оптимальної щільності;
- верхня частина орного горизонту знаходиться в стані оптимальної щільності, нижня частина переущільнена;

Структура, зазначених типів ґрунтів по їх стану наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Шари ґрунту	Структура різних типів ґрунтів			
	I тип	II тип	III тип	IV тип
верхні				
нижні				

Можна бачити, що структура ґрунтів гетерогенна і змінюється її дисперсність. Найменш ущільненим є ґрунт I типу, а найбільш ущільненим IV типу.

Характер зміни структури ґрунту, розподіл його щільності за глибиною (рис. 1).

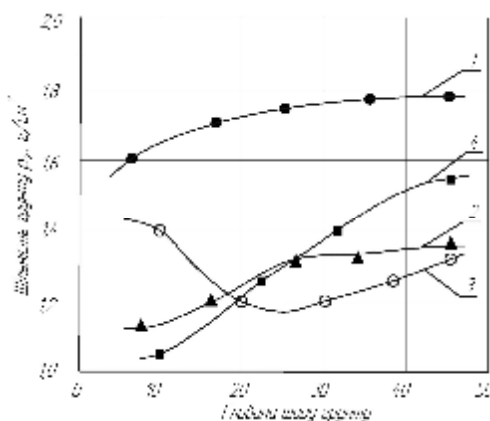


Рис. 1 – Розподіл щільності ґрунту за глибиною оброблюваного шару:
1 - 4 – I - IV типи ґрунту

Зазначені результати досліджень свідчать, що існує певна відповідність між розподілом щільності по глибині і структурою та ступенем її гетерогенності. Дані наведені в табл. 1 і рис. 1 узгоджуються і з відповідним розподілом твердості ґрунту.

Зазначимо, що ґрунти України експертно по розподілу рівноважної щільності в орному горизонті ґрунту по глибині поділяються на чотири типи: ґрунти I типу складають 19 %; ґрунти II типу - 49,9 %; ґрунти III - 20,7 %; ґрунти IV - 10,4 % [8].

За дослідженнями авторів робіт [4 - 7], і безпосередньо під керівництвом автора [1 - 3], виявлено, що органічна складова ґрунту – гумус, інакше формує структуру ґрунту, ніж мінеральна складова (частинки піску та глини). Непрямим доказом впливу органічної речовини на властивості ґрунту є те, що вміст гумусу впливає практично на всі його властивості.

Визначення вмісту гумусу, як будівельного матеріалу утворення ґрунту приводить його в стан оптимальної щільності. Для перевірки цього факту використано фактичну інформацію з атласу ґрунтів України [9] та даних досліджень залежності "щільність - вміст гумусу" [2, 3]. В результаті отримана регресійна залежність між щільністю ґрунту і вмістом гумусу:

$$\rho_z = 0,82 + 0,74 \exp(-0,17c_{ve}), \quad c_{ve} - \text{вміст гумусу в ґрунті.}$$

Характерна залежність щільності від вмісту гумусу наведена на рис. 2.

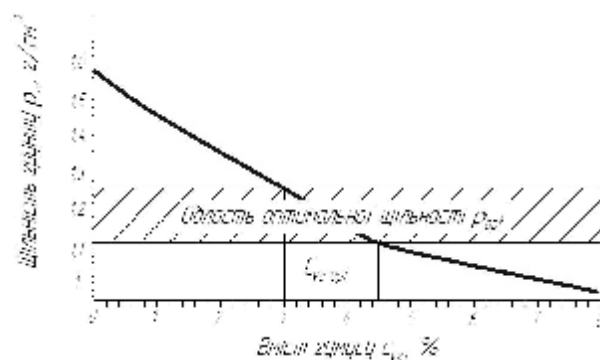


Рис. 2 – Розподіл щільності ґрунту від вмісту гумусу

Можна бачити, що ґрунти, які містять більше 3,0 ... 4,5 % гумусу практично знаходяться в стані оптимальної щільності, тобто мають стан самоорганізації. Для таких ґрунтів рівноважна і оптимальна щільність однакові. Дослідження М.К Шичули [10], підтверджують той факт, що зміна вмісту гумусу супроводжується зміною щільності ґрунтів (рис. 3).

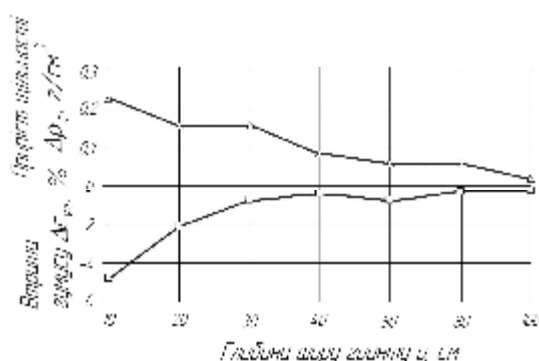


Рис. 3 – Зміна властивостей ґрунтів при тривалому їх використанні

Зменшення вмісту гумусу в ґрунті приводить до пропорційного збільшення її щільності. Отже, зниження вмісту гумусу і зростання рівноважної щільності - взаємозв'язані процеси. Можна вважати, що рівноважна щільність ґрунту - це рівень самоорганізації ґрунту, який залежить від вмісту біологічної фази, тобто від вмісту гумусу в ґрунті.

Присутність гумусу в ґрунті сприяє створенню агрегатів, нових за якістю структурних формувань і відповідно нових властивостей та розширенню функціональних можливостей ґрунтів. Зношувальну здатність різних типів ґрунтів на різних глибинах поряд з вмістом абразиву можна характеризувати і вмістом гумусу та наявністю пористості (табл. 2).

Таблиця 2

Розподіл вмісту гумусу і пористості ґрунту за глибиною обробки

Глибина шару ґрунту h , см	Вміст гумусу, %				Пористість ґрунту, %			
	типи оброблених ґрунтів							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
10	1,05	5,30	3,62	3,58	40	58	50	57
20	0,26	5,42	2,58	2,30	38	54	58	52
30	0,08	3,92	2,10	1,20	34	50	53	46

Проте втрата гумусу в ґрунті, що так сьогодні прогресує в ґрунтах України, приводить до встановлення рівноважного стану ґрунту на набагато нижчому рівні вмісту гумусу і високої щільності. В результаті погіршується водно-повітряний режим, рівноважна щільність ґрунту в орному шарі збільшується, ґрунт при оранці набуває глинистості і його обробіток потребує застосування додаткових енергетичних витрат.

Системи землеробства, що ведуть до втрати гумусу, ведуть до збільшення рівноважної щільності зі всіма витікаючими біосферними, екологічними, економічними та іншими наслідками.

Погіршення фізико-механічних, трибологічних, реологічних та експлуатаційних властивостей ґрунту доводиться компенсувати зростаючими дозами добрив, зрошенням, використанням інтенсивної технології обробітки ґрунтів, що на деякий час може притримати процес деградації ґрунтів, тобто порушення відновлення їх родючості.

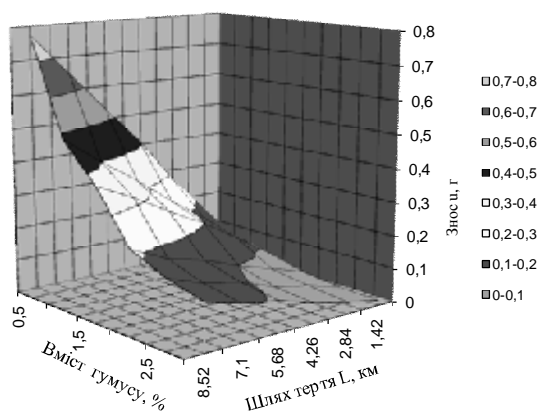


Рис. 4 – Залежність величини зносу зразків РЕ від вмісту гумусу в ґрунті та шляху тертя:
 $W = 10 \%$; $P = 0,1 \text{ Мпа}$; $v = 1,4 \text{ м/с}$

Наявність стійкого зв'язку між вмістом гумусу і щільністю ґрунту відкриває інший шлях, що стосується побудови системи обробітки, та систем землекористування, дає можливість внести корективи щодо ефективного впливу РОГМ при взаємодії з ґрунтом на стан його оброблюваного шару і відповідним підбором типу РОГМ.

Отже вміст гумусу в ґрунті є впливовою характеристикою встановлення умов досягнення рівноважної та оптимальної щільності, тобто реалізації стану самоорганізації ґрунту. В даній роботі проведені дослідження впливу вмісту гумусу на величину зносу зразків та РОГМ з різальними елементами (РЕ). Результати стендових досліджень впливу гумусу на зношувальні властивості ґрунту та знос зразків РЕ наведені на рис. 4.

Встановлено, що величина зносу зразків зі сталей Л53, 45, 65Г на круговому стенді в суглинчастих чорноземах, зі збільшенням вмісту гумусу, значно зменшується. Це пояснюється тим, що гумусові речовини утворюють з мінеральною частиною ґрунту органічно-мінеральні сполуки, які обволікають ґрунтові частинки і тим самим усувають безпосередній контакт абразивних частинок з поверхнею, що зношується. Зі збільшенням вмісту гумусу підвищується коефіцієнт пористості і значно зменшується (на 20 ... 30 %) щільність твердої фази, а отже і кількість абразивних частинок в одиниці об'єму ґрунту також зменшується, а тому знижується частота взаємодії їх з робочою поверхнею деталей РОГМ.

Залежність зносу від вмісту гумусу в ґрунті на фіксованому шляху тертя наведено на рис. 5.

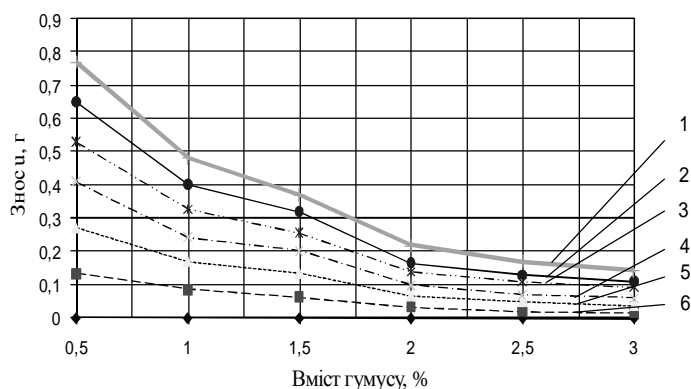


Рис. 5 – Залежність величини зносу від вмісту гумусу в чорноземі звичайному: шлях тертя:
1 – 8,52 км; 2 – 7,1 км; 3 – 5,68 км;
4 – 4,26 км; 5 – 2,84 км; 6 – 1,42 км.
 $W = 10 \%$; $P = 0,1 \text{ Мпа}$; $v = 1,4 \text{ м/с}$

Виявлено, що залежність зносу зразків РЕ від вмісту гумусу в ґрунті має експоненціальний характер. Нахил експоненти залежить від шляху тертя: чим більший шлях тертя, тим більше крива відхиляється від горизонтальної осі. Характерним є і те, що величина зносу змінюється до певної величини вмісту гумусу (2,7 ... 3,0 %), а при подальшому збільшенні його вмісту величина зносу практично не змінюється.

Залежність зносу від шляху тертя при фіксованому вмісті гумусу наведено на рис. 6.

Можна бачити, що спостерігається практично лінійний характер залежності зносу від шляху тертя зразків в ґрунті. Кут нахилу залежить від вмісту гумусу в ґрунті: чим менший вміст гумусу, тим більший кут нахилу має пряма даної залежності.

Стендові дослідження показують, що така складова твердої фази як гумус істотно впливає на величину зносу робочих поверхонь зразків і деталей, зменшуючи їх з напрацюванням і при досягненні ґрунтом стану самоорганізації знос стає усталеним і найменшим з усіх станів ґрунту.

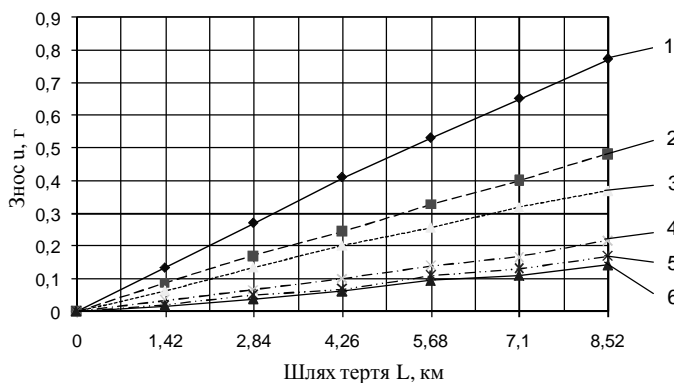


Рис. 6 – Залежність величини зносу від шляху тертя в ґрунті при вмісті гумусу c_{vz} :
 1 – 0,5 %; 2 – 1 %; 3 – 1,5 %; 4 – 2 %; 5 – 2,5 %; 6 – 3 %;
 $W = 10$ %; $P = 0,1$ Мпа; $v = 1,4$ м/с

Оцінка стану рівноважної та оптимальної щільності по глибині, закономірності тертя і зношування РОГМ дають велику інформацію про резерви економії енергоресурсів і шляхи розробки енергозберігаючих технологій обробки ґрунту.

Висновки

Проведені дослідження свідчать, що ґрунт, як елемент трибосистеми "РОГМ-ґрунт", в процесі взаємодії з РОГМ змінює свій стан, а також змінюється величина щільності, яка його характеризує. Виявлено, що ґрунт може реалізувати стан самоорганізації, коли рівноважна і оптимальна щільність співпадають. Доведено, на прикладі залежності щільності від вмісту гумусу (органічної складової ґрунту), що можна досягти умов самоорганізації ґрунту. Результати експериментальних досліджень зносу зразків і РОГМ від вмісту гумусу в ґрунті свідчать, що при самоорганізації ґрунту знос має мінімальну величину. Вміст гумусу, в залежності від типу ґрунту, має оптимальне значення. Для суглинистих чорноземів він становить 2,7...3,0%

Література

1. Аулін В.В. Закономірності взаємодії робочих органів ґрунтообробних машин з ґрунтом в процесі його обробки / В.В. Аулін, А.А. Тихий // Вісник інженерної академії України. – 2011.– № 2 – С. 144-149.
2. Аулін В.В. Фазовий склад ґрунтового середовища та його зношувальні властивості / В.В. Аулін, В.М. Бобрицький, А.А. Тихий // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2009. – №2. – С. 91-99.
3. Аулін В.В. Зношувальна здатність ґрунтового середовища та закономірності спрацювання деталей РОГМ / В.В. Аулін, М.І.Черновол, А.А. Тихий // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2010. – № 2. – С. 6-10.
4. Кушнарєв А. Новый взгляд на обработку почвы // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2009. – Вип. 13(27), кн.2.- С. 15-29.
5. Ревут І.Б. Фізика почв / І.Б. Ревут.– Л.: Колос, 1964. – 320с.
6. Кушнарєв А.С. Уменьшение вредного воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении промышленных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А.С. Кушнарєв, В.М. Мацепуро.– М.: ВСХИЗО, 1986. – 56 с.
7. Тарасенко Б.И. Плотность сложения пахотного слоя и урожайность с.-х. культур на черноземе Кубани / Б.И. Тарасенко // Почвоведение. – 1979. – № 8. – С. 54-60.
8. Почвоведение. Типы почв, их география и использование / под ред. В.А. Ковда, Б.Г. Розанов.– М.: Высшая школа, 1988. – 368 с.
9. Атлас почв Украинской ССР. - К.: Урожай, 1979. – 159 с.
10. Шикуня Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия / Н.К. Шикуня, Г.В. Назаренко. – М.: Агрпромиздат, 1990. – 319 с.

Поступила в редакцію 05.02.2013

Aulin V.V. State of self-organization environment soil and wear patterns of working machines soil.

Soil is considered as an element tribosystem "working body-soil", in which there is an interaction between the working bodies of tillage machines and the soil itself. Revealed that this changes the soil state, its properties and characteristics. In the tribology of soils the main attention focused at the mineral component of its solid phase, which forms the soil density. The distribution density of the depth of different soil types is considered. Found that, depending on the type of soil the maximum and minimum values of the density can be located at different depths. There four types of soil are characterized for soil of Ukraine.

Shown that the coincidences of value equilibrium and optimal density of states the conditions for the implementation of self-organization of soil are given. Proved that changing the content of the organic component of the solid phase of the soil can achieve the conditions under which there is a process of self-organization of the soil. Shown that this distribution of humus and porosity of different soil types on their depth. Found that in a state of self-organization humus has a certain value. Experimentally in a special laboratory bench, the dependence of wear and WOTM samples from the humus content in the soil. It is shown that when a state of self-organization of the soil and the minimum amount of wear with a further increase of humus content is virtually unchanged. This dependence is exponential. The research samples and wear WOTM of sliding distance for a fixed content of humus in the soil. Dependence in this case is nonlinear. The data obtained can be used for establishing new patterns in tribology soil, for WOTM choice for soil with different density distribution in depth, the development of advanced technologies for processing of soil and the development of a number of measures to restore the necessary properties of soils.

Keywords: soil, the density of the soil, humus, soil self-organization, the wear.

References

1. Aulin V.V., Tikhii A.A. Zakonomirnosti vzaemodii robochikh organiv gruntoobrobnykh mashin z gruntom v protsesi jogo obrobittu, Visnyk inzhenernoi akademii Ukraini, 2011, No 2, pp.144-149.
2. Aulin V.V., Bobric'kii V.M., Tikhij A.A. Fazovui sklad gruntovogho seredovyscha ta jogo znoshuvai'ni vlastyivosti, Problemy tribologii (Problems of tribology), Khmel'nyts'kyi, KhNU, 2009, No2, pp.91-99.
3. Aulin V.V., Chernovol M.I., Tikhii A.A. Znoshuvai'na zdatnist' gruntovogo seredovyscha ta zakonomirnosti spratsiuvannia detalei ROGM, Problemy trybologii (Problems of tribology). Khmel'nyts'kyi, KhNU, 2010, No2, pp.6-10.
4. Kushnarev A. S. Novyj vzgliad na obrabotku pochvy, Tehniko-tehnologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannia novoi tekhniki i tekhnologii dlia sil'skogo gospodarstva Ukrainy: Zbirnyk naukovykh prac' /UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. Doslidnits'ke, 2009, Vyp. 13(27), kn.2, pp.15-29.
5. Revut I.B. Fizyka pochv I.B. Revut. L.: Kolos, 1964, 320p.
6. Kushnarev A.S. Umen'shenie vrednogo vozdeistviia na pochvu rabochikh organov i khodovykh sistem mashinnykh agregatov pri vnedrenii industrial'nyh tekhnologii vozdeilyvaniia sel'skohoziastvennykh kul'tur, VSHIZO, 1986, 56 p.
7. Tarasenko B.I. Plotnost' slozheniia pakhotnogo sloja i urozhainost' s.- kh. kul'tur na chernozeme Kubani, Pochvovedenie, 1979, No 8, pp. 54-60.
8. Pochvovedenie. Tipy pochv, ih geografiia i ispol'zovanie / pod red. V.A. Kovda, B.G. Rozanov. M.: Vysshaia shkola, 1988, 368 p.
9. Atlas pochv Ukrainskoi SSR, K.: Urozhaj, 1979, 159 p.
10. Shikula N.K., Nazarenko G.V. Minimal'naia obrabotka chernozemov i vosproizvodstvo ih plodorodiia, M.: Agropromizdat, 1990, 319 p.