

ук : спец. 05.13.22 „Управління проектами та програмами” / Є. І. Ціп. – Львів., 2002. – 18 с.

Раскрыта методика учета стохастичности естественно разрешенного фонда времени на функционирование технологической системы уборки сахарной свеклы в соответствующей статистической имитационной модели.

Фонд времени, стохастичность, сахарная свекла, техническая оснастка, имитационное моделирование, эффективность, параметры.

The methods of stochastic influence account of the naturally settled fund of functioning time in technological system of sugar beets harvesting in a corresponding statistical simulation model are exposed.

Fund of time, stochastic, sugar beets, technical equipment, imitation modeling, efficiency, parameters.

УДК 631.4+526(075)

ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ РІВНИННОГО ЛІСОСТЕПУ

Л. В. Аніскевич, доктор технічних наук

В. М. Стародубцев, доктор сільськогосподарських наук

Запропонована оцінка просторової неоднорідності ґрунтового покриття рівнинних територій з типовими чорноземами. Для її обґрунтування використані польові місцевизначені дані з глибини залягання карбонатного горизонту в профілі ґрунтів. Введено поняття «коефіцієнта неоднорідності» стану ґрунтового покриття і запропоновано порядок його розрахунку. Практичне використання «коефіцієнта неоднорідності» є ефективним при впровадженні технологій точного землеробства, при організації багаторічних агрономічних досліджень, а також при коригуванні детальних ґрунтових карт.

Мікрозападини, ґрунтовий покрив, чорноземи, карбонатність, коефіцієнт неоднорідності.

Постановка проблеми. У Правобережному Лісостепу України з рівнинним рельєфом унікальну роль у формуванні ландшафтів і

© Л. В. Аніскевич, В. М. Стародубцев, 2015

ґрунтового покриву грають мікрозападини. Їх природа і особливості функціонування досі недостатньо досліджені [1], а значення у формуванні ґрунтового покриву і його сільськогосподарському використанні недооцінене [7-9]. Особливо важливо враховувати роль мікрозападин на полях, де проводяться багаторічні агрономічні дослідження. У ґрунтознавстві переважну увагу приділяють добре видимим в рельєфі мікрозападинам («блюдцям») глибиною до 1-2 метрів. У них досліджують перерозподіл вологи атмосферних опадів, рівень зволоження самих западин і навколишньої рівнинної території, фільтрацію в ґрунтові води. Враховують також ускладнення сільськогосподарського виробництва на таких полях за тривалого перезволоження дна і схилів таких западин, а також через різні властивості ґрунтів на їх морфоелементах [7-9]. Такі мікрозападини широко поширені в лівобережному Лісостепу України, утворюючи складний ґрунтовий покрив з комплексів гідроморфних, солонцюватих, осолоділих і засолених ґрунтів і досить добре вивчені [2, 5]. Проте наші дослідження показують, що мікрозападини поширені і в Правобережному Лісостепу України [6]. Причому тут ґрунти мікрозападин формуються в основному під впливом перезволоження атмосферними опадами, що перерозподіляються по рельєфу, за участю елювіально-ілювіального процесу [4, 7-9]. Але і ґрунти рівнинних територій без чітко видимих мікрозападин, які показані на «класичних» ґрунтових картах як типові чорноземи, виявилися неоднорідними за водним режимом і властивостями. Наші дослідження показали, що на рівнинних ділянках Лісостепу навіть нанорельєф істотно перетворює водний режим ґрунтів, внаслідок чого в таких мікрозападинах і мікропідвищеннях формуються різні ґрунти на класифікаційному рівні виду, роду і навіть іноді – підтипу і типу. Це примушує інакше оцінювати існуючі ґрунтові карти рівнинних територій лісостепової зони і можливості їх використання.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження проводилися на полях без вираженого мікрорельєфу де тривалий час проводилися агрономічні і ґрунтові досліді в науково-дослідному господарстві «Великоснітинське» НУБіП України у Фастівському районі Київської області (рис. 1).

Для дослідження неоднорідності ґрунтового покриву, визначеного на детальній ґрунтовій карті господарства як «чорноземи типові», ми використовували значення глибини залягання карбонатів як одну з найважливіших діагностичних характеристик при картографуванні ґрунтів Лісостепу, що впливає на багато властивостей ґрунтів, а саме головне – на рівень їх варіабельності [6]. Крім того, глибина залягання карбонатного горизонту є інтегральним показником водного режиму ґрунтів у багаторічному аспекті. Відбір зразків ґрунту на

аналіз відбувався на полі площею 17 га з кроком близько 50 м. Світові координати цих пунктів визначалися за допомогою GPS-приймача. Зразки ґрунту відбиралися ручним буром через 10 см до глибини 200 см. Наявність в ґрунті карбонатів визначалася по скипанню ґрунту від 10 % соляної кислоти. Картографічний аналіз результатів дослідження здійснювався на ПК за допомогою програмного продукту Surfer.

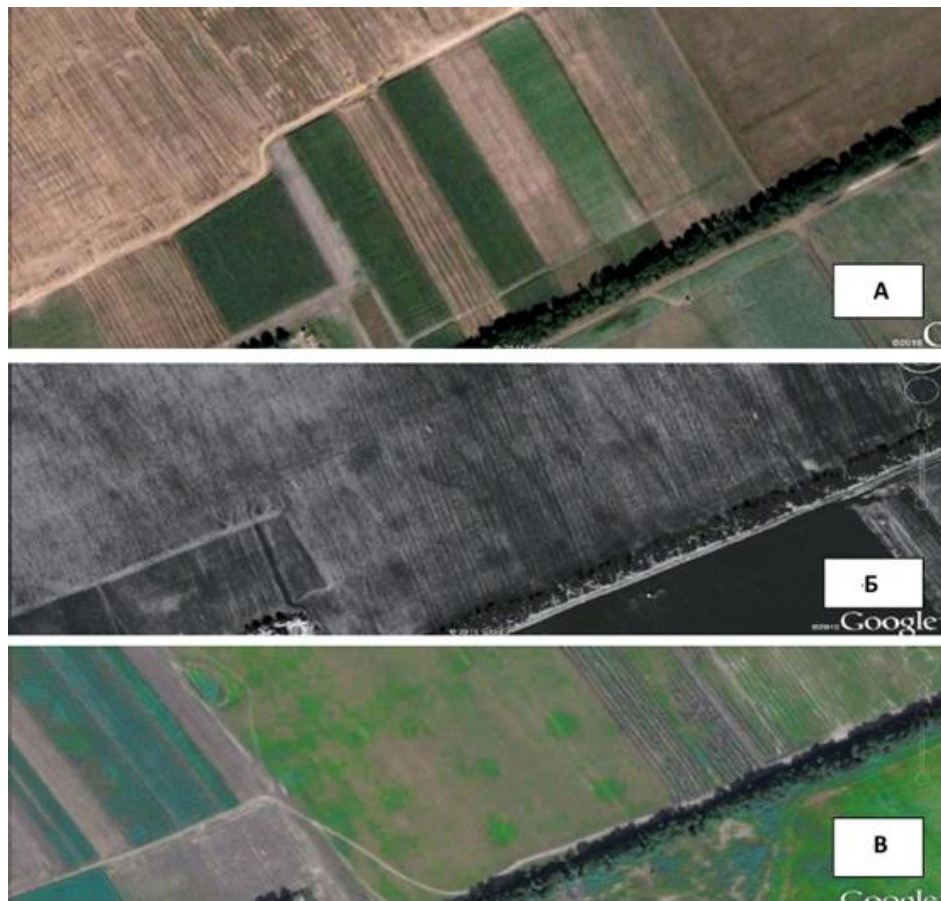


Рис. 1. Космічний знімок (картографічний сервіс Google Earth) дослідного поля у вегетаційний період (А), в передпосівний період (Б) і після збирання врожаю (В).

Результати досліджень. Типові чорноземи характеризуються зазвичай глибиною залягання карбонатного горизонту близько 40-60 см Проте на дослідній ділянці визначена нами глибина залягання карбонатів знаходилася в інтервалі від 35 до 200 см, а в двох точках вони не були виявлені і глибше 200 см (наші попередні дослідження показали, що в неглибоких, але добре виражених мікрозападинах карбонати можуть вимиватися навіть до глибин 3-5 м і більше [9]). При цьому важливо мати на увазі, що на цій території перевищення висот окремих елементів нанорельєфа знаходилися в межах 20-30 см, хоча можна припустити, що при підготовці поля до проведен-

ня багаторічних агрономічних дослідів виконано вирівнювання його поверхні. Результати стану ґрунтового покриву відображені у вигляді плану з ізолініями глибини залягання карбонатного горизонту (рис. 2, А) з місцем розташування точок відбору проб ґрунту, а також у вигляді тривимірного зображення (рис. 2, Б) з виділенням ґрунтів згідно з легендою: 1 – чорноземи типові високоскипаючі, 2 – чорноземи типові (модальні або еталонні), 3 – чорноземи типові глибокоскипаючі, 4 – чорноземи вилуговані, 5 – лучно-чорноземні ґрунти, 6 – лучно-чорноземні ґрунти на безкарбонатних лесах.

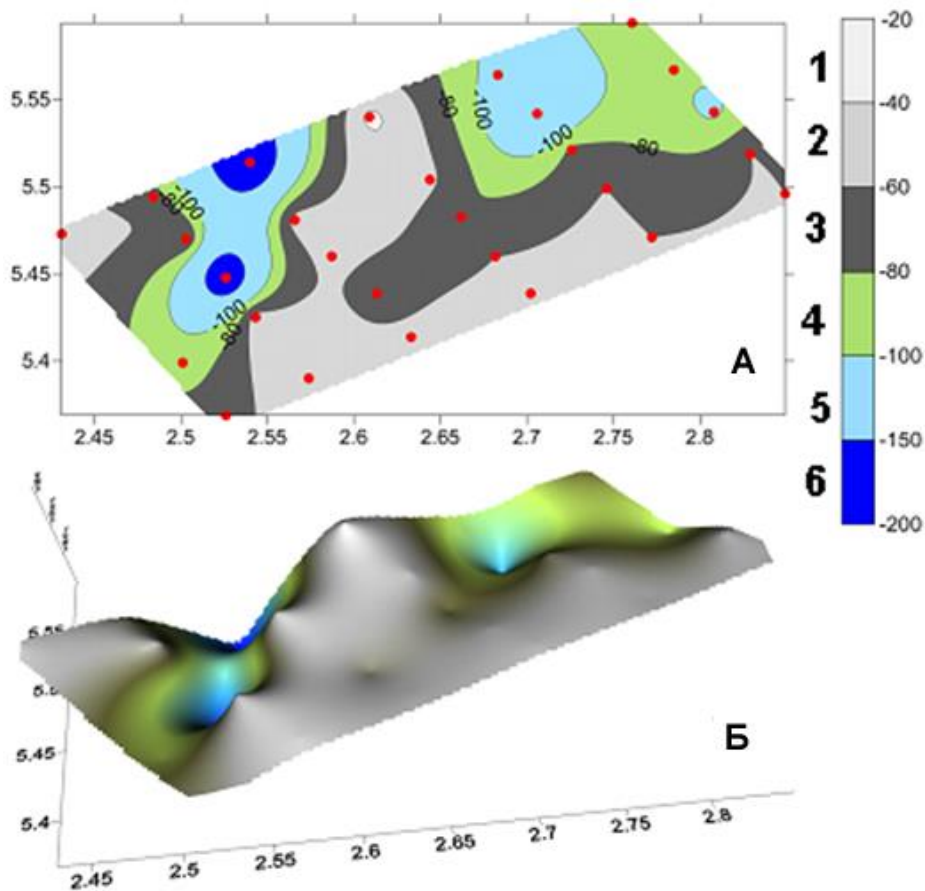


Рис. 2. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки, діагностований за глибиною залягання карбонатного горизонту: А – двомірне зображення, Б – тривимірне зображення.

У такому вигляді картограми дають уявлення про просторову неоднорідність ґрунтового покриву як за цим показником, так і за комплексом властивостей цих ґрунтів. При побудові картограм виконувалась інтерполяція польових даних. Завдання просторової інтерполяції – отримати (з мінімально можливою погрішністю) значення просторової змінної (в даному випадку – глибини залягання карбонатів у ґрунтовому профілі) в довільних точках площі поля на основі обробки і аналізу значень, виміряних в обмеженому числі відібраних

точок. Для оцінки значення змінної в точці, де вона не виміряна, застосовують різні методи просторової інтерполяції. Прийнято розрізняти два основні підходи до інтерполяції: детермінований і геостатистичний. Методи детермінованої інтерполяції апроксимують невідому змінну параметричною функцією, форма якої задається явно (наприклад, поліномом), або неявно (умова мінімальної кривизни). Параметри вибираються так, щоб оптимізувати критерій найкращого наближення в точках вибірки (наприклад, найменші квадрати). Геостатистичні методи (кригінг) використовують статистичні властивості виміряних даних, оцінюючи просторову автокореляцію і враховуючи її при інтерполяції. Детерміновані методи інтерполяції часто не підходять для побудови картограм агробіологічних властивостей ґрунту на основі польових даних обмеженого числа точок відбору зразків. Наприклад, метод «зворотних відстаней» в режимі точного інтерполятора часто дає ефект так званих «бичачих очей» – картограм з концентричними контурними лініями навколо точок вибірки.

У нашому випадку при виборі методу інтерполяції виконувалася так звана «перехресна перевірка», суть якої полягає в тому, що з початкового набору даних випадковим чином видаляється одне спостереження, а потім, використовуючи дані, що залишилися, і вибраний алгоритм інтерполяції, розраховують аналітичне значення вибірки і нев'язку в точці цього спостереження. Цей процес повторюється задане число разів і генерує задану кількість помилок інтерполяції. На основі аналізу цих помилок можна зробити висновки про точність інтерполяції. Перехресну перевірку можна вважати об'єктивним способом оцінки якості методів інтерполяції, а також використовувати для порівняння якості вибраних методів. Для побудови картограм глибини залягання карбонатного горизонту в нашому випадку використано геостатистичний метод-кригінг.

Ґрунти з глибиною залягання карбонатного горизонту більше 100 см діагностовано на підставі наших попередніх досліджень мікроронижень цього господарства [7-9] як лучно-чорноземні, хоча це вимагає подальшого уточнення за водним режимом, морфологічними ознаками і фізико-хімічними властивостями.

Відносні площі, які займають відповідні ґрунтові відміни, представлені на рис. 3. Важливо відзначити, що чорноземи типові (еталонні) займають близько 30,4 % загальної площі поля, тобто існуюча великомасштабна ґрунтова карта не відбиває реальний ґрунтовий покрив території. Отримані на цій дослідній ділянці висновки про просторову неоднорідність ґрунтового покриву, детальні дослідження на виробничих полях в інших господарствах (опублікованих нами частково раніше) в різних районах Київської і Черкаської областей, а також аналіз детальних космічних знімків цих полів в різні фази веге-

таційного періоду дозволяє зробити висновок, що просторова неоднорідність ґрунтового покриву є невід'ємною рисою його формування і функціонування в рівнинному Лісостепу правобережної України. А існуючі великомасштабні ґрунтові карти лише схематично відбивають переважаючий ґрунтоутворювальний процес на конкретному полі.

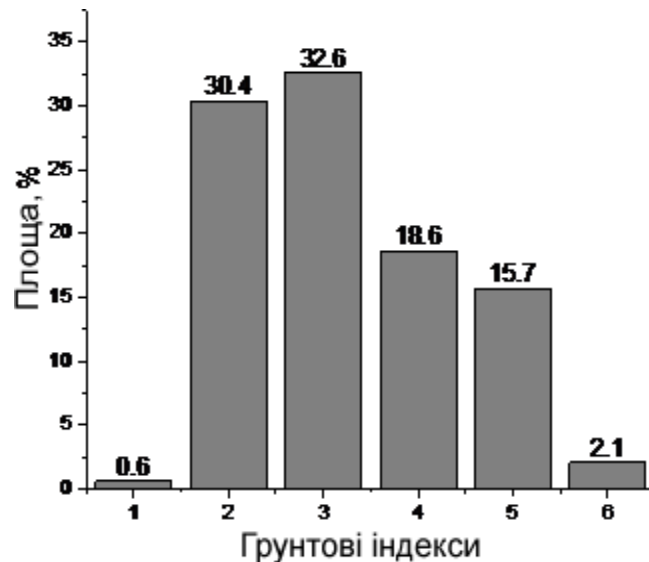


Рис. 3. Розподіл площ ґрунтів з різними індексами (ґрунтові індекси вказані в тексті).

Такий висновок є істотним для сільськогосподарського використання земель цього регіону, особливо при використанні технологій точного землеробства. В той же час він надзвичайно важливий для уточнення методик організації і проведення багаторічних стаціонарних агрономічних досліджень. Ігнорування такої просторової неоднорідності ґрунтового покриву призведе до істотного зниження достовірності стаціонарних досліджень. У зв'язку з цим пропонується ввести поняття коефіцієнта неоднорідності ґрунтового покриву k_n . Розрахунок такого коефіцієнта необхідно проводити в припущенні, що ґрунтові індекси, які знаходяться близько від середнього значення індексів на конкретному полі, чинять менший вплив на варіабельність стану ґрунтового покриву, а віддалені від середнього значення на значну «відстань» - більшу. Отже, площі поля з індексами, розташованими щонайближче до середнього значення індексу, повинні мати меншу і позитивну «вагу». Тому відхилення ґрунтового індексу від середнього значення беруться до квадрату. Крім того, чим більша площа ділянки поля з конкретним індексом, відмінним від середнього значення, тим більший вплив ця ділянка чинить на варіабельність ґрунтового покриву:

$$k_n = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i(i - \bar{i}^2))}{s \bar{i}^2} \quad (1)$$

де: $i = 1, 2, \dots, n$ – кількість ґрунтових ділянок з різними індексами;
 Σ – сума; $\bar{i} = \frac{\sum_{i=1}^n i}{n}$ – середнє значення індексів ґрунтів, присутніх на полі;
 s_i – площа ділянки з i -м індексом; \bar{S} – середнє значення площі ділянок з різними індексами.

При знаходженні величини \bar{S} враховувалося, що побудова картограми варіабельності ґрунтового покриву виконувалася із застосуванням алгоритму інтерполяції. В зв'язку з цим середнє значення площі ділянок з різними індексами знаходиться по формулі:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \frac{s_i}{S_{\min}}}{\sum_{i=1}^n \frac{s_i}{S_{\min}}}, \quad (2)$$

де: \sum – сума; S_{\min} – ділянка поля з i -м індексом з мінімальною площею.

На рис. 4 показаний (як приклад) ґрунтовий покрив ділянки поля, де присутні ґрунти з індексами 1, 2 і 3.

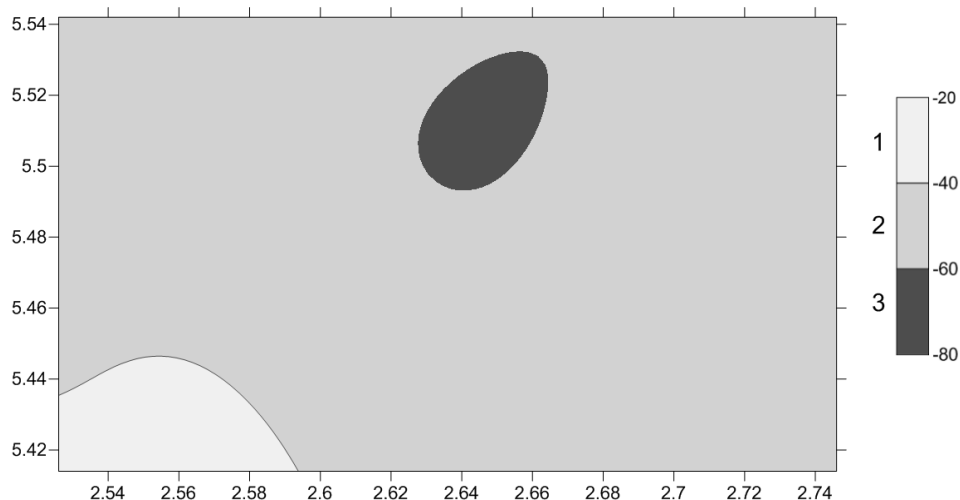


Рис. 4. Ділянка поля з ґрунтовими індексами.

Як видно, ґрунти з індексами 1 і 3 займають відносно невелику площу, а домінуючим є ґрунт з індексом 2. Візуальний аналіз свідчить про те, що ця ділянка поля має низьку варіабельність ґрунтового покриву. Про це якраз і свідчить розраховане за формулами (1) і (2) значення коефіцієнта неоднорідності ґрунтового покриву, яке склало – $k_n = 4,6$. Розрахунки коефіцієнта неоднорідності ґрунтового покриву для ряду експериментальних полів показали, що при значеннях k_n в діапазоні від 0 до 30 варіабельність стану ґрунтового покриву можна вважати низькою, для значень $k_n = 30-50$ – середньою і

для $k_n > 50$ – високою. Для ґрунтового покриву на рис. 3 коефіцієнт неоднорідності покриву склав 63, тобто варіабельність висока. Ця класифікація надалі уточнюватиметься у міру накопичення експериментальних даних. Таким чином, запропонована нами уперше методика дозволяє кількісно оцінити просторову неоднорідність ґрунтового покриву і використовувати цей показник в практиці сільськогосподарського виробництва, точного землеробства, ґрунтового картографування, а також при організації і проведенні багаторічних агробіологічних досліджень.

Висновки

Дослідження показують, що ґрунтовий покрив рівнинного Лісостепу неоднорідний не лише із-за наявності добре виражених в рельєфі мікропонижень (мікрозападин) з напівгідроморфними і навіть гідроморфними ґрунтами, але також із-за великої строкатості покриву на рівнинних ділянках, обумовленої нанорельєфом. Перерозподіл атмосферної вологи по поверхні територій з таким рельєфом призводить до концентрації вологи в малопомітних нанозападинах, її фільтрації углиб ґрунтового профілю, вимиванню карбонатів і інших продуктів ґрунтоутворення на помітну глибину. У результаті на відносно рівних територіях формується дуже складний ґрунтовий покрив, представлений не лише типовими чорноземами з різною глибиною залягання карбонатного горизонту, але і вилугованими чорноземами, і навіть лучно-чорноземними ґрунтами.

Для характеристики виявленої неоднорідності ґрунтового покриву доцільно ввести коефіцієнт неоднорідності k_n , який визначається за запропонованими нами формулами. При цьому ґрунтовий покрив з коефіцієнтом неоднорідності менше 30 відрізняється малою варіабельністю, з коефіцієнтом 30-50 – середньою, і з коефіцієнтом більше 50 – високою варіабельністю. Ця класифікація уточнюватиметься в процесі її практичного застосування і розвитку уявлень про просторову неоднорідність ґрунтового покриву.

У зв'язку з виявленою неоднорідністю ґрунтового покриву виникає необхідність уточнення існуючих великомасштабних і детальних ґрунтових карт, особливо для територій, де вирощуються цінні сільськогосподарські культури або впроваджується система точного землеробства. Велике значення ця проблема має і при проведенні багаторічних стаціонарних агрономічних досліджень, де достовірність отриманих результатів істотно залежатиме від врахування просторової неоднорідності ґрунтового покриву дослідної ділянки.

Список літератури

1. Азімов О. Т. Геодинамічні процеси та їх відображення у ландшафтах / Азімов О. Т., Бублясь В. М., Бублясь М. В. // Сучасні напрямки української геологічної науки. Збірник праць УГН НАН України. – К., 2006. – С. 13–20.

2. Гедройц К. К. Избранные сочинения. Т. 1-3. / К. К. Гедройц. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 600 с.
3. Картографія ґрунтів / За ред. Д. Г. Тихоненко. – Х.: Урожай, 2001. – 321 с.
4. Кауричев И. С. Почвоведение / И. С. Кауричев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
5. Полевой определитель почв / Под ред. Н. И. Полулана, Б. С. Носко, В. П. Кузьмичева. – К.: Урожай, 1981. – 320 с.
6. Стародубцев В. М. К оценке пространственной неоднородности почвенного покрова равнинной Лесостепи / В. М. Стародубцев, Л. В. Анискевич, Б. В. Урбан // SWorld, «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2015». – 2015. – 12 с.
7. Стародубцев В. М. Вплив водного режиму мікрозападин Лісостепу на неоднорідність ґрунтового покриву та його використання / В. М. Стародубцев, С. В. Яценко, С. Д. Павлюк, В. В. Ілленко // II -й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. – Вінниця: ФОП Данилюк, 2009. – С. 176–179.
8. Стародубцев В. М. Водний режим мікрозападин як чинник неоднорідності ґрунтового покриву правобережного Лісостепу / В. М. Стародубцев, В. Є. Розстальний, С. В. Яценко, О. О. Бордусь // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: агрономія. – К., 2010. – Вип. 149. – С. 117–121.
9. Стародубцев В. М. Підтоплені ґрунти мікрозападин Лісостепу, їх особливості та агроекологічна роль / Стародубцев В. М. Ладика М. М., Чернявська Г. К. // IV Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія-2013). Збірник наукових статей. – Вінниця: ВНТУ. – 2013. – С. 420–422.

Предложенная оценка пространственной неоднородности почвенного покрова равнинных территорий с типичными черноземами. Для ее обоснования использованы полевые мисцевизначенные данные из глубины залегания карбонатного горизонта в профиле почв. Введено понятие «коэффициента неоднородности» состояния почвенного покрова и предложен порядок его расчета. Практическое использование «коэффициента неоднородности» эффективно при внедрении технологий точного земледелия, при организации многолетних агрономических исследований, а также при корректировке детальных почвенных карт.

Микрозападины, почвенный покров, черноземы, карбонатность, коэффициент неоднородности.

Evaluation of soil cover spatial variability of plain territories with typical black soil is offered. The field site-specific data of carbonate horizon depth in the soil profile is used for it justification. A concept of "Coefficient of Variability" is provided and the methods of it calculation is offered. The practical use of "Coefficient of Variability" is effective for precision agriculture, for providing of long-term agronomical researches and also for adjustment of detailed soil maps.

Micro sinkholes, soil cover, black soil, carbonate, coefficient of heterogeneity.