

УДК 550.83:631.44.06:631.459.2

© 2015

**ДО ПРОБЛЕМИ КАРТОГРАФУВАННЯ
ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ***П.Г. Назарок**О.В. Круглов,**кандидат
геологічних
наук**М.В. Куценко,**кандидат географічних наук**Національний науковий
центр «Інститут
грунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»**О.І. Меньшов,**кандидат
геологічних
наук**А.В. Сухорада,**кандидат
геолого-мінералогічних
наук**Київський
національний
університет
імені Тараса Шевченка*

Мета. Обґрунтувати застосування даних про магнітну сприйнятливість (МС) ґрунтів як діагностичного критерію ступеня їхньої змитості (еродованості). **Методи.** Лабораторний, математико-статистичний, геоінформаційний. **Результати.** Магнітна сприйнятливість ґрунту з високою ймовірністю пов'язана з розподілом вмісту гумусу та індексом ерозійної небезпеки. Завдяки встановленій лінійній залежності (на основі обмеженої вибірки — катенарного ряду чорноземів) між вмістом гумусу та досліджуваним показником можна рекомендувати аналогічне використання схем установа змитості на основі зменшення вмісту гумусу. Обґрунтовано водно-ерозійну структуру досліджуваного схилу на основі просторового розподілу значень досліджуваного показника. **Висновки.** Використавши статистичний зв'язок МС ґрунту з індексом ерозійної небезпеки та вмістом гумусу, можна застосовувати схеми визначення ступеня змитості (еродованості) на основі досліджуваного показника аналогічно схемам на основі зменшення вмісту гумусу. Завдяки експресності та нижчій витратності методу визначення МС ґрунту можна картографувати та обґрунтувати ймовірну водно-ерозійну структуру схилу на основі щільнішої систематичної сітки відбору ґрунтових зразків.

Ключові слова: ступінь змитості (еродованості) ґрунту, магнітна сприйнятливість ґрунту, ерозійне картографування сільськогосподарських угідь.

Проблема встановлення ступеня змитості (еродованості) земель досить гостро стоїть перед спеціалістами з охорони ґрунтів, землевпорядниками та господарюючими суб'єктами (під час планування сівозмін, агротехнічних заходів) і потенційними землевласниками (під час проведення грошової оцінки земель).

Класифікаційні схеми визначення ступеня змитості (еродованості) ґрунту базуються на таких діагностичних критеріях: 2-х класичних — потужності гумусного профілю (ґрунтового профілю), вмісті гумусу [19, 22], альтернативних — вмісті біофільних сполук (елементів) і ґрунтових параметрів, які вони зумовлюють [2, 15]. Однозначність результату встановлення

шару змитого ґрунту за допомогою зазначених вище класифікаційних схем можлива лише за застосування їх до одичного елементарного ґрунтового ареалу (ЕГА) та розподілу значень ґрунтового параметра, який за профілем можна представити у вигляді строгої монотонної функції. Розподіл факторів та умов ґрунтоутворення на схилі формує поєднання ґрунтових комбінацій ЕГА зі складно зумовленим сполученням значень ґрунтових показників (потужність ґрунтового профілю, співвідношення горизонтів, розподіл за профілем біофільних сполук (елементів), тобто ці класифікаційні схеми можуть констатувати лише антропогенно-природну структуру ґрунтового покриву схилу. Установлення опорних значень ґрунтових

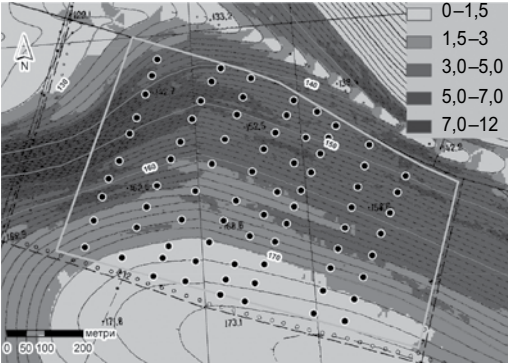


Рис. 1. Схема відбирання проб та картограма крутості схилів у градусах

параметрів для різного ступеня змитості за слабкої обґрунтованості схем змитості (еродованості) є, на жаль, сумнівним. А застосування «вододільного», «силового», «цілінного» аналогів, моделей ґрунтового профілю свідчить про ігнорування структури ґрунтового покриву схилу та формалізацію багатofакторності ґрунтогенезису [7, 9, 10, 17, 20, 21].

Одним з альтернативних показників для встановлення ступеня змитості (еродованості) ґрунту, який нівелює деякі вади наведених вище схем (працемісткість, витратність), може бути величина магнітної сприйнятливості ґрунту [1, 13].

Дослідження МС ґрунтів розпочалося у 50-х роках минулого століття і стосувалося проблем класифікації та генезису. З розвитком апаратурної бази магнітометрії оперативність, експресність і дешевизна методу стають передумовою його застосування для вирішення складніших завдань [3, 5, 14], зокрема пов'язаних із вивченням ерозійних процесів [3]. На території колишнього СРСР виникло кілька наукових центрів, де розвивався цей напрям: Іжевський сільськогосподарський інститут, Московський державний університет ім. М.В. Ломоносова, Ярославський технічний університет. Удмуртськими вченими навіть було оформлено патентну документацію, що регламентує застосування даних про МС ґрунтів для визначення ступеня їхньої змитості [1]. В Україні дослідження магнітних властивостей ґрунтового покриву розпочалося в кінці 90-х років минулого століття на базі геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка та НАК «Надра України». Попри виражене геологічне спрямування робіт [16] методи магніторозвідки

застосовували під час проведення робіт екологічного напрямку, палеомагнітних досліджень [11].

Мета досліджень — обґрунтувати застосування даних про МС ґрунтів як діагностичного

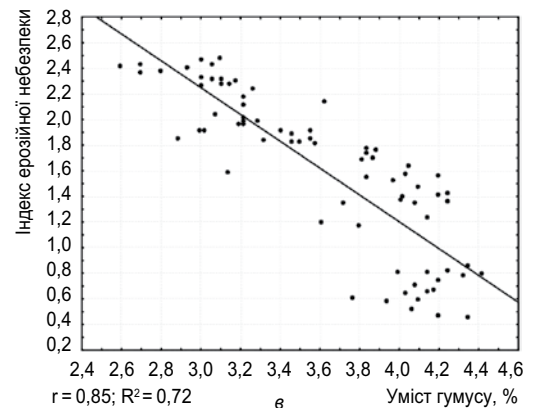
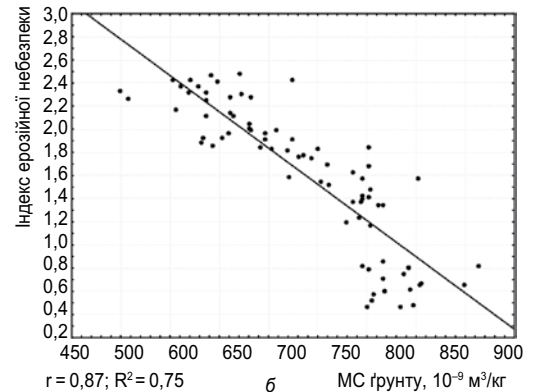
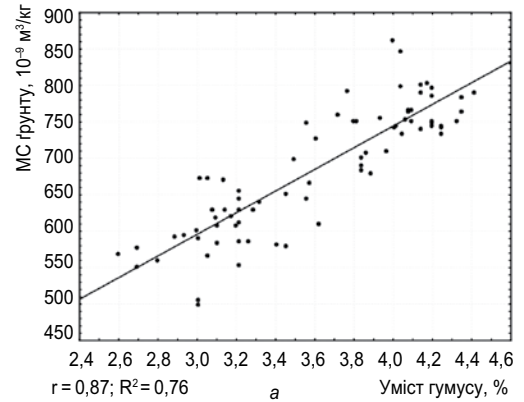


Рис. 2. Графіки функції залежності між:
а — МС ґрунту ($10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$) і вмістом гумусу (%);
б — індексом ерозійної небезпеки та МС ґрунту ($10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$);
в — індексом ерозійної небезпеки та вмістом гумусу (%)

критерію ступеня їх змитості (еродованості).

Методи досліджень. Об'єктом досліджень був ґрунтовий покрив на території умовного полігона в межах земель селищної ради Черкаської Тишки (Харківський район Харківської області), представлений катенарним рядом чорноземів. Досліджувані землі використовували в польовій сівозміні без технологічних обмежень. На ділянці не було ускладнень галоморфної або гідроморфної природи. Проби ґрунту відбирали з шару 0–20 см за схемою, зображеною на рис. 1.

У відібраних пробах установлено вміст гумусу (ДСТУ 4289:2004). Індекс ерозійної небезпеки для точок відбору розраховано за формулою [10]:

$$I_e = K_p \frac{(kFI)^{0,4} J^{0,3}}{B^{0,4} n^{0,6} V_p}, \quad (1)$$

де K_p — коефіцієнт впливу рослинного покриву (агрофону) на інтенсивність ерозії; k — коефіцієнт стоку; F — площа водозбору певного потоку, m^2 ; I — інтенсивність надходження води, m/c ; J — ухил поверхні; B — ширина потоку, m ; n — коефіцієнт шорсткості поверхні; V_p — розмивна швидкість водного потоку для ріллі, m/c . Шкала оцінки ерозійної небезпеки земель: 0,0–0,5 — ерозійно безпечні землі; 0,5–1,0 — умовно ерозійно безпечні; 1,0–1,5 — допустимо ерозійно небезпечні; 1,5–2,0 — ерозійно небезпечні; >2,0 — надмірно ерозійнонебезпечні землі.

Магнітною сприйнятливістю називають співвідношення значення намагніченості зразка, яка виникає в зовнішньому магнітному полі, до значення цього поля. Цей показник залежить від концентрації та мінеральної форми сполук заліза [6]. Виокремлюють кілька видів МС: об'ємну (вимірюється

для певного об'єму речовини), питому (вимірюється для певної маси речовини) та моллярну [18].

Коротко опишемо хід визначення МС ґрунту: проби ґрунту доводять без дії підвищених температур до повітряносухого стану; установлюють питому МС ґрунтових зразків за допомогою капамістка KLY-2 відповідно до прийнятої в країнах колишнього СРСР методики [4].

Похибка вимірювань під час роботи з KLY-2 не перевищує 0,1%. Основна частина похибки вноситься ваговимірювальними пристроями (для лабораторних вагів 4-го класу та маси зразка близько 40 г вона становить $\pm 0,5\%$) та різницею вологості проб ґрунту (максимальна гігроскопічність для легкоглинистих і легкосуглинистих різновидів ґрунту — відповідно 10,0 та 5,17%, тобто можлива похибка перебуває в межах $\approx 5\%$ [12]).

Результати досліджень. На основі кореляційного та регресійного аналізів визначено можливість прямого використання МС ґрунту як діагностичного критерію змитості (рис. 2). Досліджуваний показник із високою ймовірністю пов'язаний з антропогенно-природним розподілом вмісту гумусу ($r = 0,87$; $R^2 = 0,76$) та індексом ерозійної небезпеки ($r = 0,87$; $R^2 = 0,75$). Завдяки встановленій лінійній залежності (на основі обмеженої вибірки) між вмістом гумусу та МС ґрунту можливе безпосереднє використання схем установлення змитості на основі зменшення вмісту гумусу. Наведемо ці схеми (за М.М. Заславським, С.В. Наумовим — лінійна залежність між зменшенням вмісту гумусу та потужністю ґрунту, за Г.І. Швобсом — параболічна) (таблиця).

Потужність ґрунтового профілю, вміст гумусу, величина МС ґрунту зумовлені,

Основні класифікації змитості ґрунту чорноземного типу

Категорія ґрунту за ступенем змитості	Автор		
	М.М. Заславський	С.В. Наумов	Г.І. Швобс
	Зменшення вмісту гумусу, % у шарі 0–30 см (0–50 см) [19]	Зменшення вмісту гумусу, % у шарі 0–25 см (у профілі) [19]	Зменшення вмісту гумусу, % у гумусованому профілі [10]
Слабозмитий	10–20	30 (25)	30
Середньозмитий	20–50	30–60 (25–55)	50
Сильнозмитий	<50	60–80 (55–75)	<50
Дуже сильнозмитий		80–100 (75–100)	

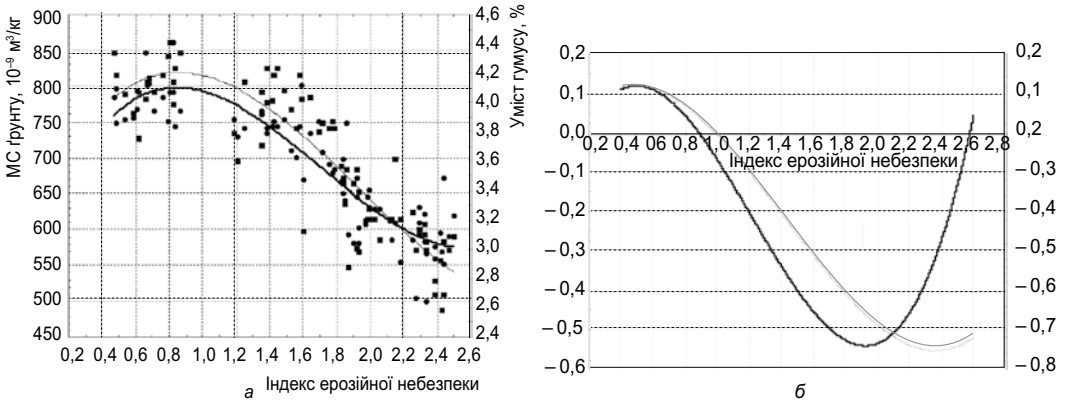


Рис. 3. а — графік функцій залежності між МС ґрунту ($10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$), умістом гумусу (%) та індексом ерозійної небезпеки; б — графік еластичності цих функцій (еластичність функції показує, на скільки відсотків зміниться значення функції, якщо аргумент збільшиться на 1 %); — — МС ґрунту; — — уміст гумусу

з одного боку, просторовим поєднанням факторів та умов, що формують додатну динаміку ґрунтоутворення: гідротермічним режимом, материнською та підстильною породами тощо, з другого — розподілом факторів та умов, що визначають деструктивні процеси ґрунтоутворення: для гумусу (МС ґрунту) — ерозія, дегуміфікація; для потужності ґрунтового профілю — менш значущі: дефлюкція, карст, суфозія, соліфлюкція, агротехнічна ерозія; стихійні — дефляція, водна ерозія.

Для кожного окремого простору екологічних факторів та умов спостерігаються унікальні поєднання значень ґрунтових параметрів і частки процесу прискореної ерозії в сумарному значенні показників ґрунту. Тобто на основі прийнятих ґрунтових показників як діагностичних критеріїв змитості неможливо однозначно констатувати порушення ґрунтових горизонтів унаслідок прискореної ерозії.

Проаналізуємо глибші можливі зв'язки між індексом ерозійної небезпеки, МС ґрунту та

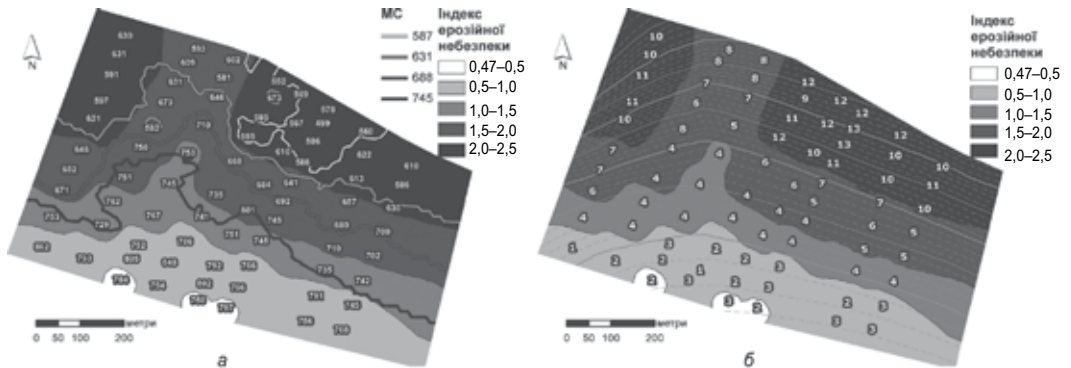


Рис. 4. Обґрунтування ерозійної структури на основі просторового розподілу МС ґрунту: а — точкові значення МС ґрунту; б — класи МС ґрунту ($10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$) для індексу ерозійної небезпеки (середнє значення МС ґрунту \pm стандартне відхилення (кількість значень у класі)):

0,47 — 1,0: 1. $855 \pm 10,4$ (2); 2. $794 \pm 7,4$ (8); 3. $757 \pm 8,5$ (8)*;
 1,0 — 2,0: 4. $750 \pm 16,6$ (16); 5. $703 \pm 7,5$ (5); 6. $675 \pm 6,7$ (5); 7. $646 \pm 8,8$ (6); 8. $593 \pm 12,1$ (5);
 2,0 — 2,5: 9. $673 \pm 0,0$ (1); 10. $621 \pm 9,0$ (8); 11. $589 \pm 4,8$ (5); 12. $563 \pm 9,8$ (6); 13. $503 \pm 4,8$ (2)

* Статистично однакові вибірки позначено відповідним відтинком.

вмістом гумусу (рис. 3). Отримані регресійні криві (поліном третього степеню) можна розділити на 3 відрізки, що характеризуються: оптимальністю, однорідністю гідротермічних умов на привододільній частині (індекс ерозійної небезпеки 0,5–1,0). Крива досліджуваних показників паралельна до осі X, що свідчить про неможливість описання ними індексу ерозійної небезпеки (графік еластичності функції приймає значення близьке до нуля); спряженою, односпрямованою зміною значень МС ґрунту та вмісту гумусу внаслідок зміни гідротермічного режиму в діапазоні індексу ерозійної небезпеки 1,0–2,0. Функція еластичності набуває максимального значення; неоптимальними гідротермічними умовами для гумусотворення та синтезу сильномагнітних мінералів у нижній частині схилу в діапазоні індексу ерозійної небезпеки 2,0–2,5. На цьому відрізку за допомогою вмісту гумусу з більшою вірогідністю можна спрогнозувати індекс ерозійної небезпеки порівняно з МС ґрунту.

Спробуємо по-іншому проаналізувати

отримані дані, обґрунтувавши ерозійну структуру ґрунтового покриву схилу на основі просторового розподілу значень МС орного шару ґрунту (рис. 4, а). Розділимо на класи МС ґрунту в середині 3-х діапазонів індексу ерозійної небезпеки 0,5–1,0; 1,0–2,0; 2,0–2,5 (рис. 4, б). Для цього обрано метод кластеризації: міра відстані — евклідова, правило об'єднання — незважене попарне середнє. Діапазон індексу ерозійної небезпеки 0,5–1,5 характеризують 2–4 класи МС ґрунту, середні значення яких — $794-750 \times 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$. За наведеною вище класифікацією вони можуть належати до слабозмитих. Неоднорідна структура діапазону індексу ерозійної небезпеки 1,5–2,0 свідчить про наявність струмкової ерозії. Середні значення класів (4–8) $750-593 \times 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$, тобто ділянки з мінімальними значеннями можуть належати до середньозмитих ґрунтів. Діапазон 2,0–2,5 індексу ерозійної небезпеки характеризує середньозмиті ґрунти із середнім значенням класів (10, 11) $621-503 \times 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ та намиті ґрунти (12-й клас) — $563 \times 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$.

Висновки

Використавши статистичний зв'язок МС ґрунту з індексом ерозійної небезпеки та вмістом гумусу, можна застосовувати схеми визначення ступеня змитості (еродованості) на основі досліджуваного показника аналогічно схемам на основі зменшення вмісту гумусу.

Завдяки експресності та нижчій витратності методу визначення МС ґрунту можна закартографувати та обґрунтувати вірогідну водно-ерозійну структуру схилу на основі щільнішої систематичної сітки відбору ґрунтових зразків.

Бібліографія

1. А.с. 1126876 СССР, МКИ G 01 № 33/24. Способ определения степени смытости почв/А.А. Лукин, Л.А. Обыденнова, Т.П. Иванова и др. — № 3627526/30–15; заявл. 27.07.83; опубл. 30.11.84, Бюл. № 44.
2. Булыгин С.Ю. К методике определения степени эродированности почв на склонах/С.Ю. Булыгин, Н.М. Бреус, Т.А. Семиноженко//Почвоведение. — 1998. — № 6. — С. 714–718.
3. Бусоргина Н.А. Магнитная восприимчивость почв Среднего Предуралья как генетический и диагностический их показатель: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрочесоведение, агрофизика»/Н.А. Бусоргина. — Уфа, 2002. — 22 с.
4. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв/А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. — М.: Агрпроимиздат, 1986. — 416 с.
5. Вадюнина А.Ф. Использование магнитной восприимчивости для изучения почв и их

- картирования/А.Ф. Вадюнина, Ю.А. Смирнов//Почвоведение. — 1978. — № 7. — С.87–96.
6. Водяницкий Ю.Н. Оксиды железа и их роль в плодородии почв/Ю.Н. Водяницкий. — М.: Наука, 1989. — 160 с.
7. Ермолаев О.П. Структура бассейновой эрозии в природно-антропогенных ландшафтах речных бассейнов/О.П. Ермолаев, С.Г. Курбанова//Геоморфология. — 1992. — № 4. — С. 77–84.
8. Куценко М.В. Геосистемні основи регулювання ерозійно-аккумулятивних процесів: геоморфосистемний аспект/М.В. Куценко. — Х.: КП «Міська друкарня», 2012. — 320 с.
9. Ларионов Т.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки/Т.А. Ларионов. — М.: Изд-во МГУ, 1993. — 200 с.
10. Лисецкий Ф.Н. Современные проблемы эрозиведения/Ф.Н. Лисецкий, С.Г. Черный, под ред. А.А. Светличного. — Белгород: Константа, 2012. — 456 с.

11. *Магнітні властивості ґрунтів та їх положення в ландшафті*/А.В. Сухорада, К.М. Бондар, О.В. Круглов та ін.//Фізична географія та геоморфологія: міжвід. наук. зб. — 2005. — Вип. 49. — С. 36–43.
12. *Медведев В.В.* Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур/В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова, Л.В. Донцова. — Х.: Апостроф, 2011. — 224 с.
13. *Меньшов О.І.* Інформативність показників магнетизму ґрунтового покриву при вирішенні агро-геофізичних та ґрунтознавчих задач/О.І. Меньшов, О.В. Круглов, А.В. Сухорада//Наук. вісн. нац. гірнич. ун-ту. — 2012. — № 3. — С. 7–12.
14. *О возможности использования магнитной восприимчивости для изучения эволюции почв*/А.О. Алексеев, И.С. Ковалевская, Е.Г. Моргун, Е.М. Самойлова//Эволюция и возраст почв СССР. — Пушино, 1986. — С. 101–108.
15. *Орлов А.Д.* О месте эродированных черноземов в единой классификационной схеме почв/А.Д. Орлов, А.А. Танасиенко//Эродированные почвы и повышение их плодородия. — Новосибирск: Наука, 1985. — С. 19–27.
16. *Про роль педомагнітних досліджень в складі геологічної зйомки кристалічного фундаменту*/В.П. Буковський, А.В. Сухорада, О.В. Круглов та ін.//Вісн. Київського ун-ту. Сер. Геологія. — Вип. 44. — 2008. — С. 37–40.
17. *Полупан М.І.* Класифікація ґрунтів України/М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко; за ред. М.І. Полупана. — К.: Аграр. наука, 2005. — 300 с.
18. *Современная кристаллография*. Т. 4. Физические свойства кристаллов/Л.А. Шувалов, А.А. Урусовская, И.С. Желудев и др. — М.: Наука, 1981. — 496 с.
19. *Сурмач Г.П.* Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия/Г.П. Сурмач. — Волгоград, 1992. — 175 с.
20. *Шурикова В.И.* Использование аналитических данных при изучении эродированных почв/В.И. Шурикова, П.С. Трегубов, Г.П. Макарова//Эродированные почвы и повышение их плодородия. — Новосибирск: Наука, 1985. — С. 57–60.
21. *Шурикова В.И.* Эталон и эродированность почвы/В.И. Шурикова, В.А. Федосенков//Эродированные почвы и повышение их плодородия. — Новосибирск: Наука, 1985. — С. 30–33.
22. *Эрозия почв*. Сущность процесса. Последствия, минимализация и стабилизация. — Ch.: Pontos, 2001. — 428 с.

Надійшла 20.08.2015.