

Загальна екологія та радіоекологія

УДК 431.452

П. П. Надточій

Д. С.-Г. Н.

Житомирський національний агроекологічний університет

Рецензент – член редколегії «Вісник ЖНАЕУ», д. с.-г. н. В. Г. Куял

ЕТАЛОННІ ЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНОЇ БУФЕРНОСТІ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ

Обґрунтована можливість використання показників кислотно-основної буферності (ступенів буферної ємності в кислотному і лужному інтервалах, а також індексу кислотно-основної рівноваги) як еталонних фізико-хімічних параметрів ґрунту. Вказані конкретні еталонні значення зазначених показників для 0–20 см шару дерново-підзолистих ґрунтів різного гранулометричного складу.

Постановка проблеми

В сучасній науковій літературі, що присвячена проблемам ведення фонового ґрунтового моніторингу, особлива увага приділяється показникам властивостей ґрунту як біокосного тіла. Під фоновим ґрунтовим моніторингом в даному контексті розглядається спостереження за змінами властивостей ґрунтів в просторі і часі на постійних ділянках, які повинні мати державний статус і відображати природне різноманіття і всі види господарського їх використання [4, 5].

У розвинутих країнах світу відпрацьовано програми моніторингу ґрунтів і будівництво їх мереж. Чітко вказано об'єкти моніторингу, їх історія, мета, кількість та критерії вибору майданчиків, план відбору проб, польові спостереження, лабораторні дослідження, ґрунтовий архів, а також доступний контактний адрес.

Фоновий моніторинг в Україні на даний час знаходиться на стадії становлення через наявність низки як суб'єктивних, так і об'єктивних причин. Однією з основних проблем, що заважає його здійсненню, слід вважати відсутність чітких еталонних критеріїв ґрунтових параметрів, під якими розуміють фіксовані показники зразків ґрунту генетичних горизонтів профілю певної ґрунтової відміни в початковий період спостережень. За еталон для оцінки агроекологічного стану ґрунту рекомендується використовувати параметри цілини, або перелогу, що не використовувався як орні угіддя протягом 20 і більше років.

Детально досвід ведення фонового моніторингу ґрунтів в Україні, включаючи еталони морфології та мікроморфології профілю, еталони хімічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей описані в монографії

В. В. Медведєва [4]. Проте серед еталонів фізико-хімічних властивостей вказується лише на еталонні показники рНксі і складу обмінних основ для ґрунтів орних земель. І це не випадково, адже далеко не всі агроекологічні параметри досить детально опрацьовані, а тому важко піддаються формалізації [1, 16]. Частина критеріїв має описовий характер і ґрунтуються лише на практичному досвіді без поглибленого експериментального опрацьовання, що і визначає необхідність розвитку відповідних наукових досліджень. У даному контексті ще й досі поза увагою залишається надзвичайно важливий показник агроекологічного стану ґрунту – кислотно-основна буферність.

Кислотно-основний стан (кислотно-основна буферність) забезпечує численні особливості поведінки елементів в ґрунті, з ним пов'язані режими органічної речовини та елементів мінерального живлення, рухомість різних сполук, в тому числі й токсичних для рослин. В кислих молобуферних ґрунтах посилюється розчинність Mn, Fe, B, Cu, Zn, надлишок яких негативно впливає на ріст, розвиток, а в кінцевому рахунку – продуктивність рослин. Низькобуферні і висококислотні ґрунти знижують доступність такого надзвичайно важливого мікроелемента, як Mo [3, 14].

Основу буферності ґрунту становить буферність елементарних сполук окремих хімічних елементів, матеріальним носієм яких є ґрунтова маса мінімального об'єму, в якій містяться всі необхідні компоненти елементарної системи. Водночас параметри буферності, визначені в лабораторних умовах, дають уявлення лише про деяку статистичну характеристику ґрунтової проби. В природних умовах кислотно-основна буферність залежить не тільки від твердої фази ґрунту, а й від організмів, що населяють ґрунт, від інтенсивності висхідних та низхідних потоків вологи, вмісту в ґрунтовому повітрі CO₂. Отже, кислотно-основна буферність, у більш широкому розумінні, набуває ознак динамічного показника і характеризує здатність ґрунту не тільки протистояти зміні рН при добавлянні кислоти чи лугу, а й здатність відновлювати попереднє значення рН у часі [2, 12, 13].

Багато процесів у ґрунті супроводжуються виділенням або поглинанням протонів і прямо чи опосередковано впливають на формування кислотно-основної буферності. Ефективна дія високобуферних ґрунтів на продуктивність фітоценозів зумовлена, насамперед, здатністю ґрунтових систем гасити високу амплітуду активності протонів у реакціях, що відбуваються в ґрунтовому розчині за загальною схемою: кислота ↔ луг + протон [2].

Зважаючи на те, що кислотно-основна буферність є одним із основних показників агроекологічного стану ґрунту [12, 15], було поставлено за мету встановити її еталонні значення для дерново-підзолистих ґрунтів різного гранулометричного складу як для орних, так і для перелогових аналогів.

Об'єкти і методика досліджень

Як об'єкт дослідження використовували дерново-підзолисті ґрунти орних і перелогових земель Житомирської, Чернігівської і Рівненської областей. Окремі зразки відбиралися на контрольних майданчиках, закладених науково-виробничими центрами «Держродючість» зазначених областей, а також на дослідних полях Житомирського національного агроекологічного університету (с. В.Горбаша) і Інституту Полісся НАНУ (с. Грозіно). Польові й аналітичні дослідження виконувалися впродовж 2009–2012 років. Для забезпечення представництва вибірок частково використали раніше опубліковані нами дані [8–13].

Реакцію ґрунтового розчину визначали потенціометрично, суму обмінних основ – за методом Каппена згідно з ГОСТом 22821-88, гідролітичну кислотність – за Каппеном в модифікації ЦІНАО згідно з ГОСТом 26212-91, кислотньо-основну буферність – за власною методикою [6, 7]. Статистична обробка експериментальних даних проведена на комп'ютері з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel та Statistica-6.

Результати досліджень

Головною вимогою, якій повинен відповідати критерій як ознака оцінки (еталон), слід вважати зівставлення значення в часі і просторі. А це, в свою чергу, накладає на нього ряд обмежень при застосуванні певного показника для цілей моніторингу. Нами раніше обґрунтовано [9], що серед найбільш важливих умов придатності слід виділити: незначна мінливість показника за відносно тривалий проміжок часу під впливом природних факторів при одночасній можливості встановлення коливань під впливом антропогенних чи техногенних навантажень; наявність простої та зручної методики, яка дозволяла б визначити і кількісно оцінити показник, наявність функціональної залежності між критерієм і дією антропогенних факторів та просторово-часову його симетричність (ізотропність).

На основі строгої оцінки параметрів фізико-хімічних показників ґрунту (рН, сума обмінних основ, гідролітична кислотність, ємність обміну, кислотньо-основна буферність) на предмет їх природності за еталон для фонового моніторингу ґрунтів з врахуванням викладених обмежень найбільш декілька брати кислотньо-основну буферність [9]. Зазначене твердження стало можливим завдяки розробці і впровадженню в практику наукової роботи оригінальної методики [7, 8], на основі якої розроблено рекомендації щодо складання картограм кислотньо-основної буферності [11].

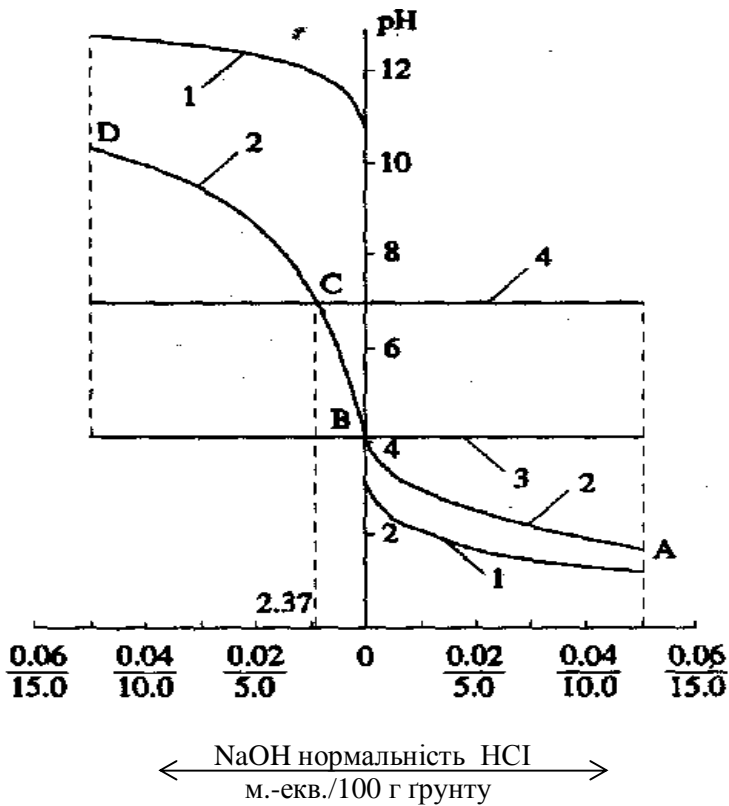


Рис. 1. Кислотно-основна буферність дерново-підзолистого супісчаного ґрунту, 0–20 см шар, рілля.

Позначення: 1 – крива залежності рН розчинів НСІ і NaOH (ΔC); 2 – крива буферності; 3 – лінія буферності відносного еталона (еталон 2); 4 – лінія буферності умовного абсолютно буферного еталона (еталон 3)

Оцінку буферних властивостей проводили на основі кривих буферності і буферних площ. Як нульову базисну лінію обрахунку (еталон з нульовою буферністю) використовували криву потенційної залежності рН від зміни концентрацій розчинів кислоти і лугу (еталон 1). Площа буферності зазначеного еталона відповідає нульовому значенню. Еталоном порівняння можуть слугувати площі буферності умовних зразків, що виявляють повну буферність в досліджуваних інтервалах концентрацій кислоти і лугу та відповідно мають рН водної суспензії аналогічний досліджуваному зразку ґрунту (еталон 2) і рН7 (еталон 3). Лініями їх буферності слугують прямі, паралельні осі абсцис, що відповідно, проходять на осі координат, через точки, що відповідають рН водної суспензії досліджуваного зразка і через рН7 (рис. 1).

При максимальному введенні в суспензію 12,5 м.-екв./100 г ґрунту кислоти чи лугу (0,05 н розчин) в прийнятому масштабі вимірювань (1 см по абсцисі = 0,01 н розчину кислоти чи лугу, а 1 см по ординаті = 1 од. рН) площі буферності кислотного і лужного інтервалів еталона 3 будуть завжди рівновеликими і складати 26,32 см², а площа еталона 2 – варіювати залежно від значення рН водної суспензії досліджуваного зразку.

Таким чином, використавши порівняння умовний абсолютно буферний еталон (еталон 3), є можливим запропонувати об'єктивні критерії оцінки кислотно-основної буферності.

Криві буферності досліджуваних зразків ґрунту, рН водної суспензії яких не відповідає нейтральній реакції, ордината графіка і лінія буферності еталона 3 відокремлюють три відрізки. Відрізок ВС (рис. 1), що знаходиться за межами масштабу буферності вказаного еталона, використали для розрахунку нейтралізуючої здатності ґрунту, яку виражали показником нейтралізації (ПН). Вказаний параметр чисельно відповідає кількості м.-екв. кислоти (кислотний ПН) чи лугу (лужний ПН) в розрахунку на 100 г ґрунту, що забезпечує отримання нейтральної реакції ґрунтової суспензії. Значення ПН можна розрахувати за показниками рН ґрунтової суспензії або за графіком. Для цього з точки перетину ліній буферності ґрунтової суспензії й еталона 3 слід опустити перпендикуляр на ось абсцис графіка та за знаменником зняти значення показника. В прийнятому масштабі вимірювань 1 мм абсциси дорівнює 0,025 м.-екв./100 г ґрунту. Показник нейтралізації, на нашу думку, слугує додатковим параметром буферних властивостей ґрунту і може бути використаний для розрахунку доз вапна при меліорації кислих ґрунтів [8, 13].

Умовний абсолютно буферний еталон має рівновеликі площі буферності для обох інтервалів, які приймаються за 100 %. Показник нейтралізації відповідає при цьому нульовому значенню.

Визначення площ буферності проводили за методом чисельного інтегрування за формулою Сімпсона, перетворені варіанти якої мали вигляд:

$$S_k = \frac{h}{3} \sum_{j=0}^n C_i [f_2(X_i) - f_1(X_i)];$$

$$S_l = \frac{h}{3} \sum_{j=0}^n C_i [f_1(X_i) - f_2(X_i)];$$

де S_k – це площа буферності в області кислотного інтервалу, см²; S_l – площа буферності в області лужного інтервалу, см²; $C_i = 1, 4, 2, 4, 2, \dots, 4, 1$; $n = 2V$; $V = 1, 2, 3, 4, \dots$; $f_1(X_i)$ – рН розчину НСІ (чи NaOH), що використовується для аналізу; $f_2(X_i)$ – рН ґрунтової суспензії в області кислотного (чи лужного) інтервалу; h – значення кроку концентрації (нормальності) розчинів кислоти (чи лугу), що використовувались для аналізу.

Розгорнутий варіант формули для розрахунку площі буферності для кислотного інтервалу має такий вигляд:

$$S_k = \frac{0,5}{3} [y_0 + y_{10} + 2(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) + 4(y_1 + y_3 + y_5 + y_7 + y_9)].$$

Проведеними раніше дослідженнями нами доведено, що для забезпечення абсолютної похибки розрахунків, яка не перевищує 0,04 см² (відносної 2 %), необхідно використовувати крок нормальності не більше 0,005. При максимальному введенні в суспензію 12,5 м.-екв. 100 г ґрунту кислот чи лугу це відповідає 21 вимірюванню. В практичній роботі 13 значень отримували експериментальним шляхом, решту знаходили за графіком на основі кривих буферності.

За основні показники оцінки буферності використали ступені буферної ємності ґрунту для кислотного (*СБЄк*) і лужного (*СБЄл*) інтервалів (%):

$$СБЄ = \frac{S_{zp} - \Delta S_{zp}}{S_{ez}} \times 100,$$

де S_{zp} – площа буферності досліджуваного зразка, см²; ΔS_{zp} – частина площі буферності досліджуваного зразка, що знаходиться за межами буферності умовного абсолютно буферного еталона, см²; S_{ez} – площа буферності умовного абсолютно буферного еталону (26,32 см²).

За допомогою кривої ізометричного титрування кислоти і лугу (еталон з нульовою буферністю) та умовного абсолютно буферного еталона ступінь буферної ємності досліджуваного зразка ґрунту можна оцінювати у чітко фіксованих діапазонах рН обох інтервалів: 1,3–7,0 – в області кислотного і 7,0–12,7 – лужного. Теоретично ці показники можуть варіювати в межах від 0 до 100 %.

У таблиці 1 представлено основні фізико-хімічні показники дерново-підзолистого ґрунту, що знаходиться тривалий час в стані перелогу. Слід зазначити, що, відповідно до шкали оцінки кислотно-основної буферності (табл. 2), ступінь буферної ємності в кислотному інтервалі по всьому ґрунтовому профілі дуже низька, в той час як в лужному – середня. Крім того, показник нейтралізації не перевищує 1,9 м.-екв./100 г ґрунту. Максимальне його значення виявлено у верхньому шарі ґрунту.

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості дерново-підзолистого супісчаного ґрунту, (дослідне поле ЖНАЕУ, переліг), 2011 р.

Генетичний горизонт і глибина відбору проб, см	рН _{КСІ}	Гідролітич-на кислотність,	Сума обмінних основ	Показник нейтралізації, м.-екв./100 г ґрунту	Ступінь буферної ємності, %		Індекс кислотно-основної рівноваги $K_{кор} = \frac{СБЄ_к}{СБЄ_л}$
					м.-екв. на 100 г		
He 0–22	5,3	2,4	4,3	1,88	11,9	49,1	0,24
Ei 22–42	4,9	2,1	4,0	1,39	13,0	41,9	0,31
I 42–87	4,8	1,9	Не визн.	1,26	17,9	46,2	0,39
Jp 87–117	4,6	1,0	–	1,18	15,8	44,5	0,36
P 117–140	4,6	0,7	–	0,72	9,4	38,4	0,24
P 140–190	5,2	0,8	–	0,63	11,8	43,4	0,27

Примітка: * – кислотний, ** – лужний інтервали

Таблиця 2. Шкала оцінки кислотно-основної буферності ґрунту по ступені буферної ємності, % [6]

Оцінка	Кислотний інтервал	Лужний інтервал
Дуже низька	<15	<10
Низька	16–40	11–30
Середня	41–60	31–50
Висока	61–80	51–70
Дуже висока	>81	>71

Раніше встановлено, що ґрунтоутворні породи та мінерали, що входять до їх складу, характеризуються різними значеннями кислотно-основної буферності, але на відміну від верхніх шарів ґрунту, мають, як правило, більш широкий розмах варіювання індексу кислотно-основної рівноваги ($K_{кор}$). В процесі еволюційного перетворення породи в ґрунт відбувається закономірна зміна її фізико-хімічних характеристик. Так, наприклад, при формуванні верхнього шару чорнозему типового, біотична складова прагне наблизити рН водної суспензії до нейтрального значення, вирівняти ступені буферної ємності в кислотному і лужному інтервалах ($K_{кор} \rightarrow 1$) й одночасно сумарно збільшити буферну ємність кислотного і лужного інтервалів ($СБЄ_к + СБЄ_л \rightarrow 200\%$). Формування таких умов за відсутності антропогенного відчуження органічної речовини сприяє

виявленню принципу майже повної замкненості біогеохімічних циклів біофільних елементів. Такий ґрунт слід вважати екологічно стійким [12].

У таблиці 3 представлено результати кислотно-основної буферності орного шару 3-х за гранулометричним складом підгруп дерново-підзолистих ґрунтів: зв'язно-піщаних (вміст крупного пилу 15–20 %, фізичної глини 5–10 %), супісчаних (вміст крупного пилу 20–40 %, фізичної глини 10–20 %) і легкосуглинистих (вміст крупного пилу 15–30 %, фізичної глини 20–30 %). Об'єм вибірки на перелогових аналогах складав 12 зразків, а на ґрунтах, що знаходяться в постійному обробітку (рілля), варіював в межах 22–28.

Зазначимо, що із трьох показників буферності найбільшому варіюванню підлягав *ПН*. Причому, значення коефіцієнта варіації цієї вибірки змінювалося від 5,0 до 7,2 %, а *V* вибірок збільшувався в напрямку від ґрунтових відмін з більш важчим гранулометричним складом до зв'язно-піщаних. Крім того, в умовах перелогу значення коефіцієнта варіації (*V*) виявилось нижчим і не перевищувало 6,0 %. Має місце також збільшення *ПН* у ґрунтових відмінах більш важкого гранулометричного складу, що підлягали обробітку. Порівняно високий показник нейтралізації ($V > 5$ %) не дає можливості використання значення *ПН* як еталонного значення для цілей фонових моніторингу. Менш варіабельним в межах однієї гранулометричної підгрупи ґрунту виявився ступінь буферної ємності. Коефіцієнт варіації цього показника не перевищував 4,8 % для кислотного і 4,0 % – для лужного інтервалів, причому в умовах перелогу він виявився значно нижчим, ніж на орних угіддях.

Проведені дослідження дають підстави стверджувати, що $СБЄ_k$ і $СБЄ_l$ залежать від гранулометричного складу ґрунту. В ґрунтових зразках, що підлягали дослідженню, значення цих показників варіює в межах від 8,8 до 18,6 % і від 40,2 до 51,7 % відповідно.

Варіювання індексу кислотно-основної рівноваги для досліджуваних вибірок встановлено в межах від 0,19 до 0,36. Максимальне значення показника виявлено на дерново-підзолистому легкосуглинистому ґрунті, що знаходиться в стані перелогу.

Важливо підкреслити, що в чорноземах типових, які тривалий час знаходяться в стані перелогу (періодично кошений степ Михайлівської цілини), індекс кислотно-основної рівноваги наближається до одиниці. Зазначена закономірність дала підставу стверджувати про досягнення гомеостатичного стану даної екосистеми ґрунту [9].

Таблиця 3. Кислотно-основна буферність різних за гранулометричним складом дерново-підзолистих ґрунтів, шар 0–20 см

Площа буферності, см ²		рН _{Н2О}	Показник нейтралізації, м.-екв./100 г ґрунту	Ступінь буферної ємності (СБЄ), %		$\frac{СБЄ_к}{СБЄ_л}$
1*	2			1	2	
Дерново-підзолистий зв'язно-піщаний (переліг), n = 12						
2,4	10,6	5,6	$\frac{1,22 \pm 0,073^{**}}{5,98}$	$\frac{8,9 \pm 0,31}{3,48}$	$\frac{40,2 \pm 1,37}{3,41}$	0,22
Дерново-підзолистий зв'язно-піщаний (рілля) n = 26						
2,0	10,1	5,2	$\frac{1,65 \pm 0,119}{7,21}$	$\frac{7,5 \pm 0,25}{3,33}$	$\frac{39,3 \pm 1,46}{3,72}$	0,19
Дерново-підзолистий супіщаний (переліг), n = 12						
3,7	12,5	5,8	$\frac{1,62 \pm 0,087}{5,37}$	$\frac{13,9 \pm 0,46}{3,49}$	$\frac{48,4 \pm 1,69}{3,49}$	0,29
Дерново-підзолистий супіщаний (рілля), n = 28						
3,2	12,1	5,4	$\frac{1,84 \pm 0,129}{7,01}$	$\frac{12,0 \pm 0,58}{4,83}$	$\frac{47,3 \pm 1,9}{4,02}$	0,25
Дерново-підзолистий легко суглинистий (переліг), n = 12						
4,9	13,3	5,8	$\frac{1,74 \pm 0,087}{5,0}$	$\frac{18,6 \pm 0,55}{2,96}$	$\frac{51,7 \pm 1,51}{2,92}$	0,36
Дерново-підзолистий легко суглинистий (рілля), n = 22						
4,0	13,2	5,1	$\frac{2,04 \pm 0,135}{6,52}$	$\frac{14,9 \pm 0,59}{3,96}$	$\frac{51,3 \pm 2,05}{4,00}$	0,29

Примітка: * 1 – кислотний, 2 – лужний інтервали; ** чисельник – виважена середня арифметична та її стандартне відхилення ($\bar{x} \pm s$), знаменник – коефіцієнт варіації

$$(V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100).$$

Враховуючи порівняно низький коефіцієнт варіації для СБЄ_к і СБЄ_л, ($V < 5\%$) та відсутність обмежень які висувають до критерію як взятій для оцінки ознаки, вказані параметри кислотно-основної буферності, розрахований на їх основі $K_{кор}$ може бути використаний еталонне значення для фоновому моніторингу ґрунтів.

Висновки

Базуючись на представлених результатах досліджень і враховуючи раніше опубліковані матеріали, можна зробити такі висновки.

1. За еталон фізико-хімічних показників ґрунту для фоновому моніторингу запропоновано параметри кислотно-основної буферності: ступінь буферної ємності в кислотному і лужному інтервалах, а також індекс кислотно-основної рівноваги.

2. Індекс кислотно-основної рівноваги, як відношення ступеня буферної ємності кислотного інтервалу до ступеня буферної ємності лужного інтервалу, слугує достовірним критерієм агроекологічного стану ґрунту.

3. Ступінь буферної ємності орних аналогів дерново-підзолистого ґрунту залежить від його гранулометричного складу і варіює в межах 7,5–14,9 % в кислотному інтервалі і в межах 39,3–51,3 % в лужному, а індекс кислотно-основної рівноваги змінюється від 0,19 до 0,29.

4. Ступінь буферної ємності перелогових аналогів дерново-підзолистого ґрунту також залежить від його гранулометричного складу і варіює в межах 8,9–18,6 % в кислотному інтервалі і в межах 40,2–51,7 % в лужному, а індекс кислотно-основної рівноваги змінюється від 0,22 до 0,36.

Перспективи подальших досліджень слід зосередити в напрямку встановлення еталонних параметрів кислотно-основної буферності для інших ґрунтових відмін.

Література

1. *Добровольский Г. В.* (отв. ред.) Деградация и охрана почв // М. : Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 455 с.
2. *Зайцева Т.Ф.* Буферность почв и вопросы диагностики // Известия СО АН СССР. / Сер. биол. н. 1987. № 14/2. – С. 69–80.
3. *Кузнецов Н. Б., Алексеева С. А., Шашкова Г. В.* и др. Буферность подзолистой и подзолисто-глеевой почв к серной и азотной кислотам// Почвоведение. 2007. № 4. С. 389–403.
4. *Медведев В. В.* Мониторинг почв Украины. Итоги. Задачи. (2-е пересмотренное и дополненное издание). – Харьков : КП «Городская типография. – 2012. – 536 с.
5. *Медведев В. В., Лактионова Т. Н.* Анализ опыта европейских стран в проведении мониторинга почвенного покрова (обзор) // Почвоведение. 2012. № 1. – С.106–114.
6. *Надточий П. П.* Определение кислотно-основной буферности почв // Почвоведение. 1993. № 4. С. 34–39.
7. *Determination of Acid-Base Buffer Capacity of Soil Euroasion Soil Science // Vol. 25. №6. June. 1993. – P. 30–38.*
8. *Надточий П. П., Трембіцький В. А.* Кислотно-основна буферність і проблеми вапнування кислих ґрунтів Полісся: актуальні питання агроекології. Вісник ДАУ. – 2003. – №2. – С. 3-17.
9. *Надточий П. П.* Объективные критерии для целей почвенного мониторинга // Доклады НАН Украины. 1995. № 1. – С. 110–112.
10. *Надточий П. П., Трембіцький В. А., Бобрусь С. В.* Кальций в почвенном покрове Житомирского Полесья / Екологія: Проблеми адаптивно-ландшафтного

землеробства. Доповіді учасників міжнародної конференції 16–18 червня 2005 р. Житомир. – С.121–130.

11. *Надточий П. П.* Опыт составления картограмм кислотнo-основной буферности почв. // *Агрохимия.* – 1996. – № 4. – С. 34–39.
 12. *Надточий П. П.* Кислотно-основная буферность – критерий агроэкологического состояния почв // *Почвоведение.* 1998. № 10. – С. 18–24.
 13. *Надточий П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф. В.* Екологія ґрунту: Монографія – Житомир : Видавництво „П.П. Рута” – 2010 – 473 с.
 14. *Назарова Ф. И.* Влияние удобрений на буферные свойства чернозема типичного карбонатного // *Агрохимия.* – 1996. – № 4. – С. 34–39.
 15. *Трускавецький Р. С.* Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції / *Р. С.Трускавецький.* – Харків : Нове слово, 2003.– 225 с.
 16. *Фрид А. С.* Современное состояние вопроса о нормировании статичности и динамики показателей почвенных свойств // *Агрохимия.* – 2008. – № 8. – С. 5–12.
-
-