

Агроєкологія

УДК 631.8:631.415

П. П. Надточій

д.с.-г. н.

Державний агроєкологічний університет

В. А. Трембіцький

директор

Житомирський державний проектно-технологічний
центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції

КИСЛОТНО-ОСНОВНА БУФЕРНІСТЬ І ПРОБЛЕМА ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ ПОЛІССЯ: АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ АГРОЕКОЛОГІЇ

Вивчено фізико-хімічні і буферні властивості орного шару різних ґрунтових відмін Поліської частини Житомирської області, на яких закладені дослідні майданчики для вивчення радіоекологічної ситуації в регіоні. Обґрунтована можливість розрахунку норм внесення вапна і вапнякових матеріалів для зниження кислотності ґрунту за його кислотньо-основною буферністю.

Вступ

Фізико-хімічна деградація ґрунтів Поліського регіону України є екологічним наслідком індустріалізації землеробства в 60–90 роки минулого століття, відчуженням із біологічного колообігу значної частини органічної речовини у вигляді господарського врожаю, високим ступенем розораності ґрунтового покриву довготривалим хімічним і радіонуклідним забрудненням навколишнього середовища, порушенням екологічно доцільного співвідношення між природними і сільськогосподарськими угіддями. Численна кількість публікацій присвячена екологічним наслідками антропогенних змін ґрунтів, серед яких особливе місце відводиться агрофізичній і фізико-хімічній їх деградації [6,12,15,19,20 та інш.]. Актуальність робіт зумовлена і тим, що в неконтрольованій антропогенній дії закладена небезпека щодо можливого подальшого погіршення загальної екологічної ситуації в регіоні [11,13].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Одержання об'єктивного прогнозу щодо функціонування агроєкосистем, їх екологічного стану, а також удосконалення процесу керування родючістю ґрунтів можливі за умови наявності всебічної інформації, включаючи і характеристику фізико-хімічних умов життєзабезпечення рослин, які все частіше обмежують їх продуктивність.

Фізико-хімічні дослідження дають можливість глибше розкрити механізми взаємодії між ґрунтом, рослинами, добривами і меліорантами (у тому числі і механізми надходження радіонуклідів із ґрунту в рослини), а також сприяють розробці більш досконалих методів контролю і прогнозу стану ґрунтового покриву, а отже і охорони навколишнього середовища.

Увагу дослідників привертає кислотно-основна буферність ґрунту як один із важливих показників поглинаючої здатності [1, 2, 7, 8, 9, 14]. Її значення пов'язане з проблемою ґрунтової кислотності, розрахунком доз вапна і добрив [3], питаннями гіпсування і розсолонення, а також з несприятливим впливом кислих опадів на екосистеми. Рекомендується проводити вивчення буферності і з метою отримання інформації про сучасне ґрунтоутворення і генезис ґрунтів [15].

Проблема буферності і вапнування легких за гранулометричним складом підзолистих ґрунтів, що мають кислу реакцію ґрунтового розчину, має давню історію і відображена в багатьох фундаментальних наукових працях [2, 4, 5, 17, 18, 24]. Сучасний стан питання щодо тематики статті висвітлений у роботах деяких авторів [7, 10, 12, 14, 20, 25 та інші]. Зокрема, відмічено, що для більш повної оцінки агроекологічного стану ґрунтів поряд з відомими фізико-хімічними показниками (реакція ґрунтового розчину, гідролітична кислотність, обмінні основи, ступінь насиченості основами) необхідно мати інформацію і про кислотно-основну буферність як інтегральну функцію всіх хімічних компонентів ґрунту, включаючи продукти життєдіяльності рослин і мікроорганізмів, а також внесені добрива, засоби захисту рослин і меліоранти [7, 12].

Інформація про буферні властивості, на думку А. Ф. Тюліна [23] і В. А. Савича [19], важлива не лише для з'ясування теоретичних, але і для вирішення практичних питань: вона дозволяє розрахувати можливі дози внесення добрив і сезонну динаміку елементів живлення, а отже і знайти екологічно доцільні прийоми регулювання фізико-хімічних властивостей і гумусного стану ґрунтів. Особливо актуальними є ці питання на радіонуклідно забруднених ґрунтах Полісся [16, 20].

У кінцевому рахунку ефективна дія високобуферних ґрунтів на продуктивність агроценозів зумовлена, перш за все, здатністю ґрунтових систем гасити високу амплітуду активності протонів в реакціях, що відбуваються в ґрунтовому розчині за загальною схемою



Проте відсутність суворих критеріїв оцінки кислотно-основної буферності, яка, як правило, визначалася за існуючими варіантами методик Арреніуса, не давала можливості ввести цю важливу величину фізико-хімічного стану ґрунту в якості критерія оцінки деградації ґрунту для цілей ґрунтово-екологічного моніторингу. Так, А. Ф. Тюлін [23] зазначав на відсутність простого лабораторного методу, який дозволив би завчасно встановити, на яких ґрунтах звичайні дози мінеральних добрив можуть викликати депресію врожаю, а на яких – ні. Таким методом, на його думку, є випробування ґрунту на буферність.

Завдання досліджень

1. Обґрунтувати можливість використання показників кислотно-основної буферності як критеріїв оцінки агроекологічного стану ґрунтів.
2. Вивчити фізико-хімічні властивості основних типів ґрунтів Полісся включаючи і показники кислотно-основної буферності, а також їх зміни під впливом різних антропогенних чинників.
3. Встановити взаємозв'язок між показниками кислотно-основної буферності і гідролітичною кислотністю.
4. Вивчити фізико-хімічні властивості деяких органо-мінеральних добрив та інших препаратів і встановити можливість їх використання в якості добрив.

Об'єкти і методика досліджень

Дослідженню підлягали зразки ґрунтів Поліської частини Житомирської області, відібрані у 2002 році на контрольних ділянках, закладених в 1978–1993 роках в якості об'єктів агроекологічного і радіаційного моніторингу (для спостереження за рівнем ґама-фону, радіонуклідного забруднення ґрунту, надходження радіонуклідів в рослинну продукцію, змінами агрохімічних і фізико-хімічних показників ґрунту), а також зразки ґрунту, відібрані на хмільниках, під садом, на ріллі і в умовах перелогу. Змішаний зразок складався із 12 індивідуальних проб, відібраних з площі 120 м².

Реакцію ґрунтового розчину визначали потенціометрично, гідролітичну кислотність – за Каппеном, суму обмінних основ – за Каппеном – Гільковицею, обмінні кальцій і магній-трилонометрично, кислотно-основну буферність – за нашою методикою [8]. Взаємозв'язок між гідролітичною кислотністю і значеннями кислотно-основної буферності визначали кореляційно-регресійним методом з використанням персонального комп'ютера.

Результати досліджень

Раніше [9, 12] були показані основні недоліки модифікацій методу Арреніуса, за допомогою яких проводяться дослідження і оцінка буферних властивостей ґрунтів. Основна принципова відмінність запропонованої нами методики від інших аналогів полягає у використанні нових показників характеристик, що об'єктивно відображають значення буферності.

За нульову базисну лінію (еталон з нульовою буферністю) була взята крива потенціометричної залежності кислоти і луґу, які використовували для аналізу. Еталоном порівняння слугувала також площа буферності умовного зразка, який проявляє повну буферну ємність у заданих інтервалах концентрацій (0–0,05 н) кислоти чи луґу і має рН водної суспензії 7. Лінією його буферності є пряма, паралельна осі абсцис

графіка, яка проходить на ординаті через рН 7 (див. рис.). На вісь абсцис графіка додатково накладається додаткова шкала переводу нормальності взятого об'єму кислоти і лугу для 10 г ґрунту в м-екв на 100 г.

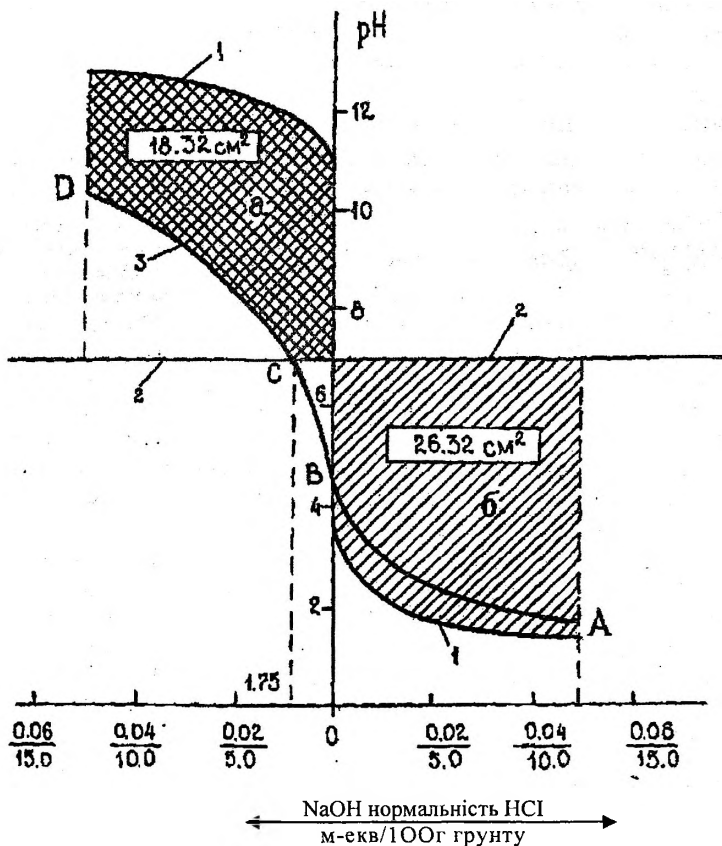


Рис. Кислотно-основна буферність дерново-підзолистого глеювато-піщаного ґрунту (шар 0-20 см)

- 1 – крива залежності рН розчину НСІ і NaOH від зміни концентрацій (ΔC);
- 2 – лінія буферності умовно абсолютно буферного еталонного зразка;
- 3 – крива буферності ґрунту;
- а – область буферності в лужному інтервалі (рН = 7,0 -12,7);
- б – область буферності умовного еталонного зразка в кислотному інтервалі (рН = 1,3-7,0).

При максимальному введенні в суспензію 12,5 м-екв кислоти (чи лугу) на 100 г ґрунту, площі буферності кислотного і лужного інтервалу умовного абсолютно буферного еталонного зразка є рівновеликими і у прийнятому масштабі вимірів (вісь ординат – значення рН: 1 см = 1 од. рН; вісь абсцис 1 см = 0,01 н) становлять 26,32 см². Таким чином, за допомогою масштабу буферності умовного абсолютно буферного еталонного зразка можна порівнювати буферні властивості досліджуваних зразків ґрунту в суворо фіксованих діапазонах рН двох інтервалів: 1,3–7,0 у межах кислотного та 7,0–12,7 – у межах лужного інтервалів.

Криві буферності досліджуваних зразків, рН водної суспензії яких не відповідає нейтральній реакції, ордината графіка і лінія буферності абсолютно буферного еталона ділить її на 3 відрізки. За проєкцією відрізка ВС, який знаходиться за межами буферності еталонного зразка, на вісь абсцис проводиться розрахунок нейтралізуючої здатності ґрунту, яку виражали показником нейтралізації (ПН). Вказаний параметр відповідає кількості кислоти в м-екв (кислотний ПН) або лугу (лужний ПН) в розрахунку на 100 г ґрунту, що забезпечує отримання нейтральної реакції ґрунтового розчину. В свою чергу розміщення відрізків кривої буферності зразків у кислотному і лужному інтервалах буферності еталонного зразка характеризує ступінь буферної ємності (СБЄ) (відносна частина масштабу буферності умовного абсолютно буферного еталона, що відповідає області буферності зразка в заданому діапазоні рН розчинів кислоти чи лугу). З введенням ступеню буферної ємності для оцінки буферних властивостей ґрунтів площа буферності як відносний показник масштабу буферності втрачає свій сенс, а її значення використовується лише як проміжна величина для розрахунків.

На основі аналізу літературних даних і особистих досліджень було зроблено висновок про можливість використання параметрів кислотно-основної буферності ґрунту (показника нейтралізації (ПН), ступеня буферної ємності в кислотному і лужному інтервалах (СБЄк і СБЄл), а також індексу кислотно-основної рівноваги ($K_p = \text{СБЄк} : \text{СБЄл}$) як об'єктивних критеріїв оцінки агроекологічного стану ґрунтів при реалізації ґрунтового-екологічного моніторингу.

Критерій як ознака виконуваної оцінки, має бути порівняним у часі й просторі. Це, в свою чергу, зумовлює низку обмежень при підборі ґрунтових показників в якості критеріїв оцінки при здійсненні моніторингу. До найважливіших умов використання критеріїв відносять: незначну мінливість за відносно тривалий проміжок часу під впливом природних факторів при одночасній можливості встановлення коливання показників під впливом антропогенних і техногенних факторів; наявність простої і зручної методики, що дає змогу встановити і кількісно оцінити даний показник; наявність функціональної залежності між критерієм і

дією антропогенних факторів; просторово-часову його симетричність (ізотропність) [9].

Запропоновані об'єктивні параметри оцінки буферних властивостей ґрунтів досить чутливі і об'єктивно відображають зміни, зумовлені антропогенною дією, а отже і відповідають основним перерахованим вище вимогам, що пред'являються до критерію як ознаки оцінки.

Ґрунтові екосистеми Полісся функціонують в межах як агро- так і фітоценозів. Посилені антропогенні і техногенні навантаження на них призвели до порушення динамічної рівноваги в системі продукція–деструкція органічної речовини у бік значного зменшення в них гумусу. З урахуванням інтенсивності дії цих двох протилежних, але взаємообумовлених процесів (продукції і деструкції), згадані екосистеми в основному відносяться до режимів нерівноважно-акумулятивного та нерівноважно-регресивного типів функціонування. Перший із них характеризується перевищенням кількості мінералізованої гетеротрофними блоками органічної речовини над її надходженням у ґрунт. У іншому випадку кількість щорічних решток не забезпечує потреби гетеротрофного блоку ґрунтової екосистеми. В кінцевому рахунку при зазначених типах функціонування ґрунтові екосистеми є нестійкими (під стійкістю екосистеми ґрунту слід розуміти її здатність зберігати свою якісну своєрідність (структуру) і ланцюг відповідних станів, через які ґрунтова екосистема проходить щороку, виконуючи основну функцію продукції–деструкції органічної речовини на властивому їй рівні) [21].

Середній (умовно еталонний) склад обмінних основ для орних ґрунтів Полісся варіює в широких межах і, на думку В. В. Медведєва [6], є відмінною ознакою окремого типу ґрунту. При цьому еталонне співвідношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ для дерново-підзолистих супісчаних, дерново-підзолистих суглинкових і сірих лісових ґрунтів становить відповідно 2,1:1, 2,2:1 і 3,5:1.

У проаналізованих зразках ґрунту варіювання суми обмінних основ здійснюється в межах 2,4 (дерново підзолистий супісчаний) – 21,5 м-екв / 100 г (лучно-болотний), а співвідношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ – в межах 1, 8–10,8 : 1 (табл. 1). Таким чином, в дерново-підзолитстому супісчаному ґрунті (с. Грозіно, Коростенського району) воно нижче від еталонного зразка. Крім того слід зазначити, що навіть в дерново-підзолистих ґрунтах, в залежності від способу їх використання і гранулометричного складу, значно змінюється співвідношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ (1,8-6,0 : 1). Безумовно, варіювання в співвідношенні обмінних основ в ґрунтово-вбірному комплексі крім дії антропогенних чинників викликане і самим мінералогічним складом ґрунотворної породи. Досить значна сума обмінних основ виявлена в темно-сірих, лучно-болотних і лучних ґрунтах. Високий показник ґдролітичної кислотності спостерігається у дерново-підзолистих ґрунтах.

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості основних типів ґрунтів зони Полісся, 0-20 см

рН		Гідролітична кислотність	Обмінні основи		Сума обмінних основ	Ємність катіонного обміну	Ступінь насиченості основами, %
H ₂ O	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺			
м-екв/100 г							
Дерново-підзолистий супіщаний (Олевський район, Поліський державний заповідник, ліс)							
4,3	3,2	14,2	2,1	0,8	3,0	17,2	17,4
Дерново-підзолистий піщаний (Олевський район, Поліський державний заповідник, ліс)							
4,4	3,5	11,0	2,7	0,8	3,6	14,6	24,6
Дерново-підзолистий глеювато-піщаний (Лугинський район, поліський державний заповідник, ліс)							
4,5	3,9	5,1	2,4	0,6	3,1	8,2	37,8
Дерново-підзолистий глеювато-супіщаний (Лугинський район, поліський державний заповідник,ліс)							
4,2	3,9	7,6	3,2	0,8	4,1	11,7	35,0
Дерново-підзолистий супіщаний (с.Грозино, Коростенський район, рілля)							
5,6	4,6	3,1	1,4	0,8	2,4	5,5	43,6
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (с.В.Горбаша, Черняхівський район, рілля)							
7,4	5,8	1,4	5,6	0,9	6,7	8,1	82,7
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (с. В.Горбаша, Черняхівський район, плодовий сад)							
6,8	5,0	2,8	3,7	1,0	4,9	7,7	63,4
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (с. В.Горбаша, Черняхівський район, хмільник)							
6,9	6,0	1,6	4,6	1,0	5,8	7,4	78,4
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний(с.мт. Лугини, рілля)							
5,6	4,7	3	4,8	0,8	5,8	8,8	65,9
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (с. Ставки, Вол.-Волинський район, рілля)							
6,4	6,1	1,0	3,0	0,9	4,1	5,1	80,4
Дерново-підзолистий супіщаний (с. Грозино, Коростенський район, переліг)							
6,5	5,5	1,3	1,6	0,5	2,3	3,6	64,5
Ясно-сірий опідзолений легкосуглинковий (с. Фосня, Овруцький район, рілля)							
5,8	5,1	1,7	4,7	1,1	6,2	7,9	78,5
Темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий (с.Троковичі,Черняхівський район, рілля)							
7,4	Не визн.		17,1	4,8	22,2	Не визн.	
Дерново-глеювий супіщаний (с.Галинівка, Вол.-Волинський район, рілля)							
6,0	5,0	2,2	6,6	1,3	8,1	10,3	78,6
Лучно-чорноземний легкосуглинковий (с.Стрієва, Нов.-Волинський район, рілля)							
6,1	5,2	2,6	6,6	1,1	8,0	10,6	75,5
Лучно-болотний (с. Галинівка, Вол.-Волинський район, рілля)							
7,7	6,4	1,4	21,5	2,0	23,8	25,0	95,2
Лучний середньо-суглинковий (с. Двірець, Житомирський район, рілля)							
8,0	Не визн.		14,5	1,4	16,3	Не визн.	

У природних ценозах, особливо на чорноземних ґрунтах, з часом формується верхній шар ґрунту з приблизно однаковими досить високими значеннями СБЄ обох інтервалів, що зумовлює близьке до одиниці значення інтегрального індексу кислотно-основної рівноваги ($K_r = \text{СБЄк} : \text{СБЄл}$). Цей показник слугує додатковим критерієм оцінки стійкості функціонування агроєкосистем. Причому, чим ближче він наближається до одиниці при порівняно високих значеннях СБЄ, тим стійкіше функціонування даної ґрунтової екосистеми. Прикладом можуть бути екосистеми, сформовані на чорноземах типових. Встановлено, що за провідної ролі біологічного фактора та при відсутності втручання в ґрунтоутворний процес людини, закономірно змінювалися фізико-хімічні, у тому числі й буферні характеристики ґрунту. Наприклад, у процесі формування чорнозему типового знижувалась рН водної суспензії шару породи, яка була залучена в ґрунтоутворний процес. Максимально знизився показник нейтралізації ($\text{ПН} \rightarrow 0$), спостерігалось вирівнювання ступенів буферної ємності в обох інтервалах ($K_r \rightarrow 1$), зростала його сумарна буферна ємність ($\text{СБЄк} + \text{СБЄл} \rightarrow 200\%$). Формування таких умов без антропогенного вилучення органічної речовини і пов'язаних з нею біофільних елементів сприяло прояву принципу майже повної замкненості біохімічних циклів в окремих екосистемах (у локальних ландшафтах) [13].

У досліджуваних зразках ґрунту СБЄ в кислотному і лужному інтервалі змінюється в широких межах: від 3,8 % у дерново-підзолистих піщаних (с. Копище Олевського району) до 92,9 % в дерновому глейовому легкосуглинковому (с. Галинівка Вол-Волинського району). Характерною особливістю ґрунтів зони Полісся є дуже низький або низький ступінь буферної ємності в кислотному інтервалі. Слід вказати також на високі значення гідролітичної кислотності і показника нейтралізації в дерново-підзолистих ґрунтових відмінах, які знаходяться під сосновими лісами (табл. 2). Безумовно, значне підвищення Нг і ПН, у порівнянні з аналогічними ґрунтами, що знаходяться в сільськогосподарському користуванні, викликане дією підстилки соснового лісу, яка значно підкислює ґрунтовий розчин і приводить до розкладання первинних мінералів.

ґрунтоворні породи та їх мінерали характеризуються різними показниками буферності, проте на відміну від сформованих на них шарів ґрунту, мають, як правило, широкий діапазон варіювання K_r . За провідної ролі біологічного фактора закономірно змінювалися й фізико-хімічні властивості ґрунту.

Б. Ульріхом [27] розроблена концепція буферних зон, у відповідності з якою ті чи інші компоненти ґрунту відповідають за створення буферності ґрунту до кислоти в різних діапазонах значень рН. У межах кожного діапазону рН провідна роль належить тільки одній буферній реакції. Притримуючись точки зору автора, слід зазначити, що в

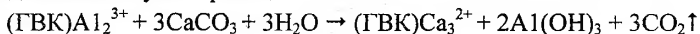
Таблиця 2. Кислотно-основна буферність основних типів ґрунтів зони Полісся, 0-20 см

Площа буферності, см. ²		Показник нейтралізації, м-екв/100 г		Ступінь буферної ємності, %		СБЄк СБЄл
1*	2**	1	2	1	2	
Дерново-підзолистий супіщаний (Олевський район, Поліський державний заповідник, ліс)						
3,50	30,76	Не визн.	10,75	13,3	95,2	0,14
Дерново-підзолистий піщаний (Олевський район, Поліський державний заповідник, ліс)						
3,48	28,10	Не визн.	7,85	13,2	90,1	0,15
Дерново-підзолистий глеювато-піщаний (Лугинський район, Поліський державний заповідник, ліс)						
3,33	18,32	Не визн.	1,75	12,6	69,6	0,18
Дерново-підзолистий глеювато-піщаний (Лугинський район, Поліський державний заповідник, ліс)						
3,52	21,40	Не визн.	5,83	13,4	72,6	0,18
Дерново-підзолистий супіщаний (с. Грозино, Коростенський район, рілля)						
3,61	17,06	Не визн.	0,88	13,7	69,0	0,20
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (с. В. Горбаша, Черняхівський район, рілля)						
6,71	14,99	Не визн.	0,05	25,5	56,9	0,45
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (с. В. Горбаша, Черняхівський район, плодовий сад)						
4,37	15,22	Не визн.	0,15	19,5	50,4	0,39
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (с. В. Горбаша, Черняхівський району, хмільник)						
7,66	15,0	Не визн.	0	29,1	57,0	0,51
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (сmt. Лугини, рілля)						
4,58	1,06	Не визн.	0,63	17,4	53,4	0,33
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний (с..Ставки, Вол.-Волинський район, рілля)						
5,67	9,20	Не визн.	0,50	21,5	35,0	0,62
8Дерново-підзолистий супіщаний (с. Грозино, Коростенський район, переліг)						
3,47	7,52	Не визн.	0,25	13,20	27,7	0,48
Ясно-сірий опідзолений легкосуглинковий (с. Фосня, Овруцький район, рілля)						
4,97	12,64	Не визн.	0,48	18,8	48,0	0,39
Темно-сірий опідзолений глеюватий легкосуглинковий (с. Троковичі, Черняхівський район, рілля)						
11,04	12,38	Не визн.	0,65	41,9	46,4	0,90
Дерново-глеювий супіщаний (с. Галинівка, Вол.-Волинський район)						
6,49	13,52	Не визн.	0,63	24,6	51,4	0,48
Лучно-чорноземний легкосуглинковий (с. Стрієва, Нов.-Волинський район, рілля)						
7,28	13,13	Не визн.	1,0	27,6	49,9	0,55
Лучно-болотний (с. Галинівка, Вол.-Волинський район, рілля)						
14,74	17,26	0,70	Не визн.	56,0	65,6	0,85
Лучний середньо-суглинковий (с. Двірець, Житомирський район, рілля)						
12,61	15,69	0,1	Не визн.	59,7	74,8	0,80

Примітка . * - кислотний, ** - лужний інтервал.

дерново-підзолистих ґрунтах Полісся існують три основні буферні зони, які створюються відповідними хімічними реакціями, дві з яких природного характеру і одна – антропогенного. До природних належать силікатна і буферна зона, пов'язана з обмінними реакціями. Діапазон значень рН становить для них відповідно 5,5–6,2 і 4,2–5,0. Основним продуктом реакції в першому випадку слугують глинисті мінерали, а в результаті її протікання має місце збільшення ємності катіонного обміну. В іншому випадку основними продуктами реакції є необхідні іони $n\text{Al}(\text{OH})_x$, а в результаті її протікання має місце зниження ємності катіонного обміну і ступеня насичення ґрунтового-вбирного комплексу. Продуктами реакції можуть бути обмінні марганець і алюміній, а також Al -гідросульфат.

З практичної точки зору інтерес представляє карбонатна буферна зона, яка створюється при вапнуванні кислих ґрунтів. Внесений в ґрунт CaCO_3 з часом перетворюється в $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Має місце вилугування кальцію. В залежності від фізико-хімічних властивостей ґрунту термін перетворення CaCO_3 в $\text{Ca}(\text{OH})_2$ становить від декількох місяців до 2–3 років і більше [15]. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і $\text{Ca}(\text{OH})_2$, дисоціюючи в ґрунтовому розчині, утворюють катіони кальцію, які й витісняють з ґрунтового-вбирного комплексу катіони водню і переводять в неактивну форму іони алюмінію, заліза і марганцю. Але надлишок Ca^{2+} утруднює надходження в рослини іонів NH_4^+ , Mg^{2+} , K^+ , а надлишок OH^- і HCO_3^- – надходження іонів PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , HPO_4^{2-} . Під впливом $\text{Ca}(\text{OH})_2$ також знижується розчинність мінералів, які містять бор і фосфор. При внесенні в ґрунт CaCO_3 , крім витіснення з ґрунтового-вбирного комплексу H^+ має місце і проходження наступної реакції:



У результаті реакції в тверду фазу переходить $\text{Al}(\text{OH})_3$. Його поява може негативно вплинути на продуктивність культурних рослин, так як із аморфного осаду алюміній може надходити в рослини при прямому контакті гідроксиду з кореневою системою. Щоб уникнути негативного впливу Al і не дати можливості руйнування ГВК через самочинні переходи $(\text{ГВК})\text{H}^+ \rightarrow (\text{ГВК})\text{Al}^{3+} \rightarrow (\text{ГВК})\text{H}^+$ слід створювати в ґрунтовому розчині стійке в часі значення рН [15], що досягається внесенням вапна і формуванням високо буферного ґрунтового-вбирного комплексу.

Безумовно, являючись біогенним елементом, кальцій позитивно впливає на процеси життєдіяльності мікроорганізмів і їх активність, регулює реакцію ґрунтового розчину, а головне – гальмує процеси розкладання і вимивання органічних і органо-мінеральних речовин із ґрунту. Цілком ймовірно, що в ґрунті багато органічних сполук, котрі взаємоосаджуючись з іонами кальцію, значно змінюють свою стійкість щодо мікробного розкладання, що безперечно суттєво впливає на швидкість і напрям їх подальшої трансформації [22]. В ґрунті має місце

також вертикальна міграція катіонів кальцію, споживання його культурними рослинами і мікроорганізмами, входження Са до ґрунтово-вбирного комплексу. Кальцій також зв'язується з гуміновими кислотами, утворюючи гумати кальцію.

В літературі ставиться питання щодо перегляду рекомендацій по внесенню вапна в ґрунт за даними гідролітичної кислотності, особливо на піщаних і супіщаних ґрунтах, бідних на органічну речовину, які не мають збалансованого співвідношення рухомих і доступних форм кальцію, калію, магнію, бору і деяких інших мікроелементів. Так, Д. С. Орлов [15] вказує на наступні недоліки методу встановлення доз вапна за гідролітичною кислотністю: не враховуються вимоги с.-г. культур до реакції ґрунтового розчину; оцінюється результат, одержаний при взаємодії ґрунту з 1 н розчином CH_3COONa , в той час як для регулювання кислотності в ґрунт вносять твердий (молотий) порошок CaCO_3 ; рівноважне значення рН витяжок при визначенні гідролітичної кислотності лежить в інтервалі 6,7–7 і знайдена величина кислотності відповідає цьому значенню рН, а не 8,2–8,4, як це зазначено в методиці; запровадження коефіцієнта 1,75 на неповноту реакції дуже умовне і не являється теоретично обґрунтованим. Крім того слід додати, що метод не дозволяє враховувати безпосередню участь іонів алюмінію в реакціях обміну катіонів і їх вплив на зміну кислотності ґрунтового розчину при заданій величині рН розчину CH_3COONa , що використовується для її визначення. Досить трудомістким є і спосіб визначення оптимальних норм вапна, запропонований Ю. А. Штикансом [26].

Для нас важливо було встановити залежність між гідролітичною кислотністю і показником нейтралізації. Для дослідження були взяті 15 зразків ґрунту. Інтервали варіювання гідролітичної кислотності і показника нейтралізації становили відповідно 1,0–14,2 м-екв/100 г і 0–10,75 м-екв/100 г (табл.1,2). Результати кореляційного аналізу засвідчили, що між зазначеними фізико-хімічними показниками ґрунту існує тісна залежність ($R = 0,99 \pm 0,030$). Судячи з коефіцієнта детермінації ($d_{\text{дх}} = r^2$), для отриманих даних приблизно 98 % змін в показниках гідролітичної кислотності обумовлено варіюванням показника нейтралізації і лише 6 % пов'язано з іншими факторами. За результатами досліджень встановлене відповідне рівняння регресії, яке має наступний вигляд:

$$Y = 0,83X + 2,30$$

Отримана математична залежність свідчить, що для крайніх експериментальних величин ($Y_{1(x=0)} = 2,30$; $Y_{2(x=10,75)} = 11,22$) збільшенню значення показника нейтралізації на один м-екв/100 г ґрунту відповідає підвищення гідролітичної кислотності на 0,83 м-екв/100 г ґрунту. За критерієм суттєвості і довірчими інтервалами, які не включають нульового значення, кореляція і регресія значимі, що дозволяє відхилити нульову гіпотезу на 5 %-ому рівні значимості.

Розрахунок норм вапна для легких за гранулометричним складом ґрунтів пропонується [16] проводити на основі даних кислотно-основної буферності за показником нейтралізації, враховуючи значення ступеня буферної ємності

$$A \text{ CaCO}_3, \text{ т/га} = \text{ПН} \times 5 \times h \times d \times K,$$

де: ПН – показник нейтралізації, м-екв/ 100 г ґрунту;

h – товщина орного шару ґрунту в м;

d – щільність зложення ґрунту;

5 – коефіцієнт, що враховує величину м-екв CaCO_3 і перерахунок усіх показників в т/га;

K – поправочний коефіцієнт на ступінь буферної ємності –

$$\left(K = \frac{100 + \text{СБЄ}_k}{100} \right).$$

Враховуючи, що більшість ґрунтових відмін зони Полісся має кислу реакцію ґрунтового розчину і низьку буферну ємність в кислотному інтервалі, виникає необхідність у використанні таких органо-мінеральних добрив і засобів меліорації, які б відповідали наступним вимогам: мали б лужну, або слабколужну реакцію водної витяжки, відносно високу буферну ємність, відповідно високий показник нейтралізації (в кислотному інтервалі), а також збалансоване співвідношення катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , K^+ і відповідних мікроелементів. Із проаналізованих органо-мінеральних добрив таким вимогам відповідають біогумус і „Агровіт-Кор.” Не рекомендується вносити на низькобуферних ґрунтах ОМУ „Універсал” (табл. 3).

Таблиця 3. Буферні властивості деяких видів органо-мінеральних добрив, біогумусу і деяких мінеральних порід

Назва	рН	Показник нейтралізації		Ступінь буферної ємності (СБЄ), %		СБЄ _к СБЄ _ш
		1	2	1	2	
ОМД „Агровіт-КОР”	8,3	4,4	.	100	61,4	1,6
ОМД „Універсал”	5,4		52,1	67,4	100	0,67
Біогумус	8,3	2,9		100	61,4	1,62
Вермикуліт	8,6	12,5		100	60,9	1,64
На-монтморилоніт	9,0	8,8		98,2	41,0	2,33
Са-монтморилоніт	7,9	1,2		79,8	40,9	2,33

Примітка: 1 – кислотний, 2 – лужний інтервали

Отже, розглянуті параметри кислотно-основної буферності не повністю характеризують буферні властивості ґрунтів в широкому розумінні цього поняття. Зокрема, з поля зору випадає фактор

інтенсивності буферності, що характеризує міцність зв'язку H^+ з твердою фазою ґрунту. Але все ж таки показник нейтралізації, ступінь буферної ємності і індекс кислотно-основної рівноваги можуть бути використані як об'єктивні критерії якісного стану ґрунту, так як вони несуть в собі екологічну інформацію про вплив антропогенних факторів на зміну фізико-хімічних характеристик ґрунтового покриву. Оцінка якісного складу ґрунтів за вказаними параметрами дозволяє виявити нестійкі агроєкосистеми, знайти протиріччя, що слугують причиною посилення фізико-хімічної деградації ґрунтового покриву, що виключно важливо при розробці заходів щодо вдосконалення шляхів керування родючістю ґрунтів.

Висновки

1. Більшість ґрунтових відмін Поліської частини Житомирської області, на яких закладені дослідні майданчики для вивчення радіоекологічної ситуації, мають кислу реакцію ґрунтового розчину, низьку ступінь насичення обмінними основами і відрізняються між собою за гідролітичною кислотністю.

2. На підвищення гідролітичної кислотності і показника нейтралізації в ґрунті значною мірою впливає підстилка соснових лісів.

3. Ступінь буферної ємності (СБЄ) в кислотному і лужному інтервалах в ґрунтах варіює в межах 12,6–59,6 % і 27,7–95,2 % відповідно.

4. Між гідролітичною кислотністю і показником нейтралізації (ПН) ґрунту встановлена тісна кореляційна залежність.

5. Розрахунок доз вапна під с.-г. культури на легких за гранулометричним складом ґрунтах пропонується проводити за кислотно-основною буферністю з урахуванням потреб культур до реакції ґрунтового розчину.

6. На кислих ґрунтах з низькою буферною ємністю перевагу рекомендується надавати органо-мінеральним добривам, які мають кислотний показник нейтралізації і високий СБЄ в кислотному інтервалі.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження слід зосередити на вивченні кислотно-основних властивостей ґрунтів, що знаходяться в с.-г. користуванні, а також на впливі дії вапна і різних вапнякових матеріалів на фоні внесення помірних доз органічних і мінеральних добрив на продуктивність культур.

Література

1. Амелянчук О.А., Воробьева Л.А. Показатели и методы оценки почвенной кислотности и потребности почв в известии //Агрохимия, 1991. – № 2. – С. 123–135.

2. *Гедройц К.К.* Избранные сочинения. Т.3. Применение удобрений, мелиорация почв и вегетационные опыты. М.: Сельхозгиз, 1955. – 560 с.
3. *Городній Н. М., Мельник С.І., Малиновський А.С. і інші.* Агрохімія. Київ – ТОВ „Алефа,” 2003. – 776 с.
4. *Каппен Г.* Почвенная кислотность (Пер. с нем.) Под ред. Перетурина Ф.Т. – М.: Сельхозгиз, 1934. – 392 с.
5. *Кедров-Зихман О.К.* Учение академика К.К. Гедройца о почвенном поглощающем комплексе и известковании почвы // Почвоведение. – 1952. – № 10. – С. 879–889.
6. *Медведев В.В.* Мониторинг почв Украины.- Харьков, Антиква. – 2002. – 428 с.
7. *Мотузова Г.В.* Природа буферности почв к внешним химическим воздействиям почвы // Почвоведение. – 1994. – № 4. – С. 46–52.
8. *Надточий П.П.* Определение кислотно-основной буферности почв // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 34–39.
9. *Надточий П.П.* Объективные критерии для целей почвенного мониторинга // Доповіді НАН України, 1995. – № 1. – С. 110–112.
10. *Надточий П.П.* Опыт составления картограмм кислотно-основной буферности почв // Агрохимия. – 1996. – № 6. – С. 20–26.
11. *Надточий П.П.* Управление плодородием почв Лесостепи Украины в условиях экологического кризиса // Вісник аграрної науки. – 1996. – № 11. – С. 10–17.
12. *Надточий П.П.* Кислотно-основная буферность почвы – критерий оценки ее качественного состояния // Почвоведение. – 1998. – № 9. – С. 1094–1102.
13. *Надточій П.П., Вольвач Ф.В., Гермащенко В.Г.* Екологія ґрунту і його забруднення. – К.: Аграрна наука, 1988. – 286 с.
14. *Назыров Ф.И.* Влияние удобрений на буферные свойства чернозема типичного карбонатного // Агрохимия. – 2002. – № 2. – С. 5–12.
15. *Орлов Д.С.* Химия почв. М.: Изд-во Московского ун-та, 1985. – 376 с.
16. Радіаційна ситуація на сільськогосподарських угіддях Чернігівської області та заходи щодо зниження її негативної дії / За ред. П. П. Надточія. – К.: Аграрна наука, 1998. – 987 с.
17. *Ремезов Н.П.* Определение поглощенного водородного иона // Труды НИУ. – 1930. – Вып. 77. С. 80–96.
18. *Ремезов Н.П.* Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв. – М.: Госсельхозиздат, 1957. – 224 с.
19. *Савич В.И.* Буферность почв и факторы почвенной кислотности // Химизация сельскохозяйственного земледелия. – 1989. – №2. – С. 40–43.
20. *Стройванс Л.Т., Кучер Г.А.* Вапнування як чинник ефективності використання осушених радіоактивно забруднених земель / Доповіді учасників 4-ї міжнародної науково-практичної конференції. Житомир, 2003. – С. 4–48.

21. Трофимов С.Я. Функциональный подход к исследованию почв : актуальность, проблемы, перспективы. // Вестник Московского университета, 1992. – Серия 17. Почвоведение. – № 3. – С. 3–11.
22. Туев Н.А. Микробиологические процессы и почвообразование. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 289 с.
23. Тюлин А.Ф. Дозы внесения минеральных удобрений в почвы в зависимости от их местного (очагового) подкисления // Почвоведение, 1951. – № 1. – С. 30–42.
24. Чернов В.А. Кислотность почв и методы ее определения // Современные методы исследования физико-химических свойств почв. – М.-Л.: Изд-во акад. Наук СССР, 1947. – Т.1У. – Вып. 3. – С. 1761–206.
25. Шильников Н.А., Аканова Н.И. Лаборатория известкования почв ВИУА и проблемы известкования // Агрохимия. – 2002. – № 6. – С. 18–23.
26. Штиканс Ю.А. Повышение эффективности известкования кислых почв. – Ленинград, Колос. Ленинградское отделение, 1977. – 128 с.
27. Ulrich B. Production and Consumption of Hydrogen Ions in the Ecospher // Effects of Acid Presipitation on Terrstrial Ecosystems. Ed. T.C. Hutchinson and M.Havas. NATO Conf. Series. Ser.1. Ecology. 1980. – P. 255–282.