

*А.В. Сибірний, к.б.н., М.Ф. Юрим, к.т.н., доц., О.- Р.В. Мартиняк, к.т.н., доц. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ КИСЛОТНИХ ОПАДІВ НА ЕКОСИСТЕМИ

В роботі наводяться дані про зростання площі кислих ґрунтів в Україні, а також, про забруднення внаслідок транскордонного перенесення оксидів. Приведені дані про пошкодження лісових масивів та закиснення озер і річок, випадання кислотних опадів у холодний період. Показано, що крім газоподібних шкідливих речовин, які утворюють кислотні опади існують також і тверді аерозольні шкідливі речовини.

Запропоновані достатньо чутливі показники для оцінки дії багатьох застосовуваних добрив на зміну кислотно-основної буферності ґрунтів Львівщини.

Незважаючи на те, що термін “кислотні опади” був запропонований А. Смітом близько 100 років тому до теперішнього часу цій проблемі приділялося мало уваги.

В роботі [2] наводяться дані про те, що в Україні за останні 35 років площа кислих ґрунтів зростає на 35%. Відзначається, що кислотні опади часто випадають у Сумській, Черкаській та Рівненській областях, а також, що Україна забруднена внаслідок транскордонного перенесення цих оксидів із країн Західної Європи.

В роботі [4] наведені дані про пошкодження лісових масивів та закиснення озер і річок у країнах Західної Європи, Скандинавських країнах, Білорусії, Карелії, Канаді, про випадання кислотних опадів у холодний період року із значенням  $pH < 5,0$ .

Хімічні перетворення забруднюючих кислотних речовин в атмосфері приведені в роботі [11,12]. Про вплив кислотних опадів на навколишнє середовище, та способи захисту від шкідливого впливу цих опадів йдеться в роботі [12].

Показано, що крім газоподібних шкідливих речовин, які утворюють кислотні опади існують, також і тверді аерозольні шкідливі речовини. Тобто існує, так звана, суха турбулентна седиментація  $D$ , яка може бути записана у вигляді простої формули:

$$D = k(dc/dz) \quad (1)$$

де  $k$  – коефіцієнт турбулентної дифузії;

$dc/dz$  – градієнт концентрації;

Тверді і каплеподібні аерозольні частинки за розміром на декілька порядків більші від молекул газу, тому в [12] вказано на необхідність крім турбулентної дифузійної седиментації враховувати швидкість осадження під дією сил гравітації. Тоді формула (1) прийме вигляд:

$$D = k(dc/dz) + v_g * C \quad (2)$$

де  $v_g$  – швидкість осадження під дією сил гравітації.

Показано, що величина  $v_g$  для аерозольних частинок  $SO_2$  знаходиться в межах (0,0005-0,001 м/с).

В роботі [11] показано вплив аміаку на кислотні опади, досліджено, що при взаємодії  $NH_3$  із сірчаною та азотною кислотою утворюються сульфати та нітрати амонію, тобто:



Значне закиснення ґрунтів спричинило дослідження кислотно-основної буферності ґрунтів, результати яких наводяться в роботах [14,15,16,17,19]. Зокрема, в роботі [14] виведено кислотно-основні буферні криві для різних шарів ґрунту та різних мінеральних складових ґрунтів.

Після відбору проб опадів проводиться їх хімічний аналіз, за яким визначають кількість додатніх і від'ємних неорганічних іонів в пробі. Їх концентрація зазвичай знаходиться в межах 0,1 - 10 мг/л. Для аналізу, як правило, використовуються достатньо прості традиційні методи.

Кислотність визначають найбільш простим і розповсюдженим способом вимірювання *pH*, тобто від'ємного логарифму концентрації іонів водню. Вимірювання *pH* проводять за допомогою *pH* метрів, або за допомогою універсального іономіру ЕВ-74, у якому для вимірювання активності одно і двовалентних іонів в розчинах використовується електродна схема з іоноселективними вимірювальними електродами і перетворювачем. Е.р.с. системи залежить від активності відповідних іонів в розчинах. Значення *pH* розчину визначається вимірюванням Е.р.с. електродної системи за допомогою перетворювача, шкала якого проградуєрована в одиницях рН.

Іншим способом вимірювання кислотності опадів є використання кислотно-лужного титрування, суть якого полягає в тому, що до кислотних проб додають лужні розчини відомої концентрації доти, поки *pH* розчину не досягне нейтрального значення 5,6 прийнятого як норма для атмосфери. Решта іонів, які знаходяться в атмосферних опадах, визначають за допомогою спектрометрії, полум'яної фотометрії або атомно-абсорбційної спектрометрії. Існує універсальний іонохроматографічний метод, за допомогою якого можна визначити всі компоненти проби.

Графік рівня кислотності опадів, проби яких відібрані взимку, навесні і влітку на території Львова і області, наведено на рис. 1.

Якби в атмосферному повітрі під час випадання опадів не було мікроелементів, то значення *pH* атмосферних опадів становило б 5,6 через наявність в атмосфері двоокису вуглецю. Проте, як видно із рис. 1, значення *pH* зменшується через наявність в атмосфері кислотних мікроелементів – сполук сірки і азоту. Якби не було забруднення атмосфери антропогенними викидами, то значення рН згідно з дослідними даними зменшувалось би до 5, що відповідає чотирикратному збільшенню кислотності.

Сучасний рівень інтенсифікації землеробства, широке застосування засобів хімізації і дія техногенних факторів призводять до значного посилення навантаження на ґрунт. Все частіше рівень врожайності обмежується деформованими антропогенною діяльністю колоїдно-хімічними властивостями ґрунтів.

Увагу дослідників в зв'язку з цим приваблює кислотно-основна буферність ґрунтів, як один із головних показників поглинаючої здатності. Її значення пов'язане з проблемою кислотності, розрахунком доз добрив, питань гіпсування і розсолення, а також з несприятливим впливом кислотних опадів на ґрунт і екосистеми. Рекомендується вивчення буферності проводити і з метою отримання інформації про сучасне ґрунтоутворення і генезиси ґрунтів.

В дослідницькій роботі найчастіше всього використовуються три методи Арреніуса: Ієнсена, Ремезова і Антипова-Каратаєва, Фірсової, хоча відомі і інші аналоги. В їх основі лежить потенціометричне визначення *pH* ґрунтової суспензії при додаванні кислот і лугів різних концентрацій. Принципи різняться між собою в основному якісним і кількісним складом реактивів, що використовуються, часом і умовами взаємодії з ґрунтом, базисною лінією відліку показників.

На буферних кривих визначають параметри, котрі характеризують нейтралізуючу і поглинаючу здатність в інтервалі *pH* СаСІ<sub>2</sub> від 5,0 до 8,0, виражаючи її мг-екв на 100 г ґрунту. Для оцінки використовуються показники "інтенсивності" і "ємності" буферності.

Однак, не зважаючи на ряд існуючих методів визначення і оцінки буферності ґрунтів, справедливо відмічено недостатність вивчення механізму і закономірностей буферних властивостей, наявність певних труднощів в розробці зручної для практичного використання системи показників, які б дозволили об'єктивно оцінювати буферну здатність ґрунтів.

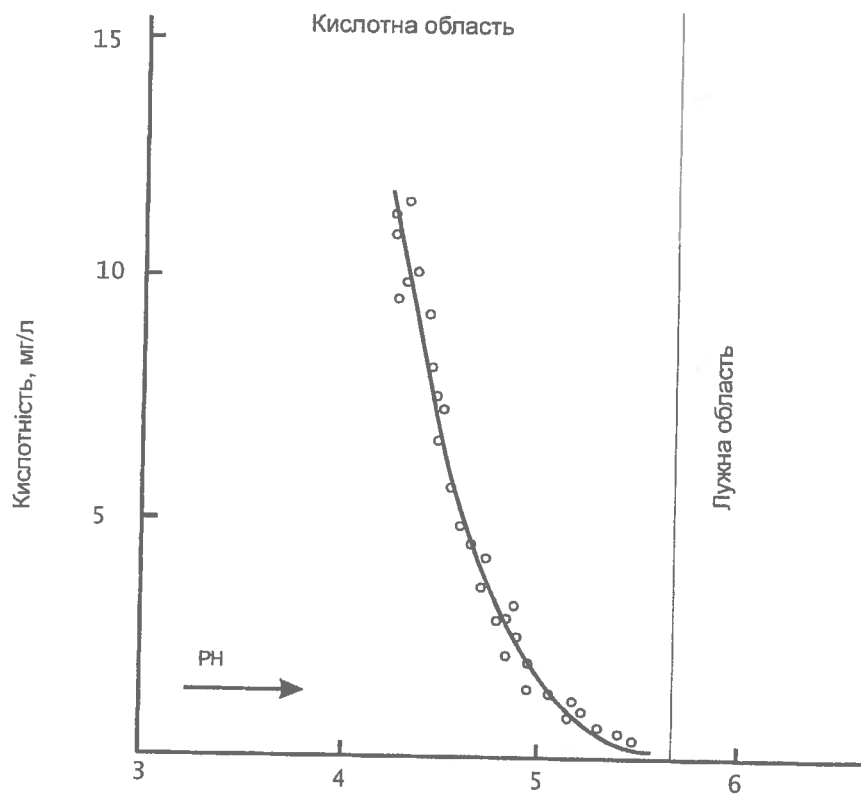


Рис. 1 Рівень кислотності опадів в різні пори року на території Львова та області

Враховуючи актуальність питання, нами проведене вивчення кислотно-основної буферності різних за генезисом і властивостями зразків ґрунтів з метою пошуку діагностичних характеристик, що об'єктивно відображають її значення, також розглянуті можливості застосування математичних методів і мікропроцесорної техніки для програмованого розрахунку результатів.

В основу проведених дослідів покладено потенціометричне визначення зрушення рН суспензії залежно від концентрації кислоти (HCl) і луґу (NaOH). Співвідношення ґрунт : розчин становило 1 : 2,5. Введення максимальної концентрації кислоти і луґу в ґрунтову суспензію становило 12,5 мг-екв на 100 г ґрунту, що забезпечило вивчення буферної здатності ґрунтів в інтервалі рН від 1,3 до 12,7.

Хід аналізу технічно відрізнявся від модифікацій методики Арреніуса і полягав в наступному. В 13 конічних колб на 100 мл брали наважки по 10 г повітряно-сухого ґрунту. В одну із них доливали 25 мл дистильованої води, в наступні шість – по 25 мл розчину HCl, в інші – по 25 мл розчину NaOH. Їдкий натр і соляну кислоту використовували таких концентрацій: 0,005, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05 N. Вказані реактиви готували із фіксаналів на дистильованій воді без CO<sub>2</sub>. Колби закривали корками, збовтували на ротаторі (1 годину) і залишали на добу.

Після цього суспензію знову збовтували 10-15 хвилин і безпосередньо в ній проводили визначення рН на іонометрі ЄВ-74. Паралельно визначали рН розчинів NaOH і HCl, що використовувались для приготування суспензій. За результатами вимірювань на міліметровому папері будували криві залежності рН від зміни концентрації ( $\Delta C$ ) кислоти і луґу, відкладаючи на осі абсцис графіка значення нормальності в масштабі: 1 см = 0,01 н, а по осі ординат – значення рН: 1 см = 1 од.рН. На вісь абсцис наклали додаткову шкалу переводу нормальності взятого для аналізу об'єму кислоти і луґу для 10 г ґрунту в мг-екв на 100 г (рис. 2).

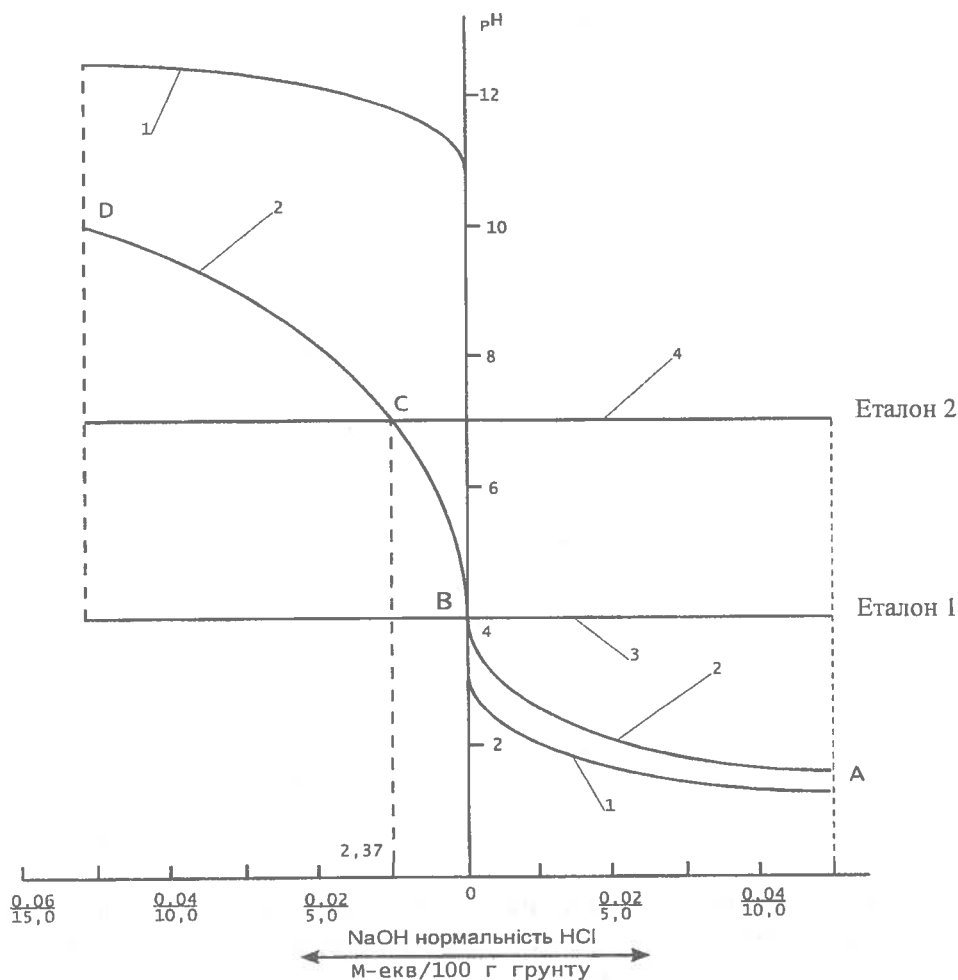


Рис.2. Кислотно-основна буферність ґрунтів лісових екосистем Львівської області

Оцінку буферних властивостей проводили на основі кривих буферності і буферних площ. В якості нульової базисної лінії відліку (еталон з нульовою буферністю) використовували криву потенціометричної залежності  $pH$  від зміни концентрації кислоти і луґу, що застосовувались. Еталоном порівняння використовувались також площі буферності у досліджуваному інтервалі концентрації кислоти і луґу, що мають  $pH$  водної суспензії аналогічне досліджуваному (еталон 1) і (еталон 2). Лініями їх буферності служать прямі, паралельні осі абсцис, що проходять по осі ординат графіка через точки, відповідні  $pH$  водної суспензії досліджуваного зразка і  $pH$  7.

При максимальному введенні в суспензію 12,5 м-екв на 100 г ґрунту кислоти (або луґу) і прийнятому масштабі вимірювання площі буферності кислоти і луґу інтервалів еталона 2 є рівновеликими і становлять  $26,32 \text{ см}^2$ . Площі буферності еталона 1 змінюються в залежності від  $pH$  його водної суспензії.

Криві буферності дослідних зразків,  $pH$  водної суспензії яких не відповідають нейтральній реакції, ордината графіка і лінія буферності еталона 2 ділять на три відрізки. Відрізок BC (див. мал. 2), знаходяться за межами масштабу буферності еталона 2, використовували для розрахунку нейтралізуючої здатності ґрунту, яку виражали показником нейтралізації (ПН). Вказаний параметр чисельно відповідає кількості мг-екв кислоти (кислотний ПН) чи луґу (лужний ПН) в розрахунку на 100 г ґрунту, що забезпечує отримання нейтральної реакції ґрунтової суспензії. Значення ПН знаходили розрахунковим шляхом за показниками  $pH$  суспензії, або за графіком. Для цього з точки перетину лінії буферності еталона 2 і ґрунту опускали перпендикуляр на вісь абсцис графіка і по

знаменнику шкали знімали значення показника. Він, на нашу думку, служить додатковим параметром буферних властивостей ґрунтів і може бути використаний для розрахунку доз вапна (або гіпсу).

Визначення площ буферності проводили методом числового інтегрування за формулою Сімпсона, перетворені варіанти яких мають такий вигляд:

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

$$S_\lambda = \frac{h}{3} \sum_{j=0}^n C_j [f_1(x_j) - f_2(x_j)];$$

де  $S_k$  – площа буферності в області кислотного інтервалу,  $см^2$ ;  $S_\lambda$  – площа буферності в області лужного інтервалу,  $см^2$ ;

$C_j = 1, 4; 2, 4; \dots 4, 1$ ;  $n$  – будь-яке парне додатне число;

$f_1(x_j)$  –  $pH$  розчину  $HCl$  (або  $NaOH$ ), що використовувались для аналізу ;

$f_2(x_j)$  –  $pH$  ґрунтової суспензії в області кислотного (або лужного) інтервалу;

$h$  – значення кроку концентрації (нормальності) застосовуваних розчинів кислоти (чи лугу).

#### Шкала оцінки природної кислотно-основної буферності ґрунтів (%)

Оцінка показника	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

Запропоновані для оцінки показники достатньо чутливі, що дозволяє прослідити дію багатьох застосовуваних добрив на зміну кислотно-основної буферності ґрунтів Львівщини.

Як видно із отриманих даних, кислотно-основна буферність в реальних ґрунтових системах при обмеженій кількості кислоти (чи лугу), що вводиться у суспензію, може досягати як порівняно малих, так і достатньо великих значень. Введення 12,5 м-екв на 100 г ґрунту кислоти (чи лугу) не завжди забезпечує досягнення  $pH$  7, і для отримання показників нейтралізації необхідно проводити додаткові дослідження з використанням більш високих концентрацій застосовуваних реактивів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Панас Р.М. Ґрунтознавство. – Л.: Новий Світ, 2006. – 372 с.
2. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології. - К.: Вища школа, 2001.–358 с.
3. Гродзинський М.Д. Основи ландшафтної екології. – К.: Либідь, 1993.–221с.
4. Лук'янова Л.Б. Основи екології – К.: Вища школа, 2000. – 327 с.
5. Стойко С.М. Заповідні екосистеми Карпат. Л.: Світ, 1991. – 138 с.
6. Чорний І.Б. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства. – К.: Вища школа, 1995 – 240 с.
7. Основні напрямки державної політики в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки: Постанова Верховної Ради України // Відомості Верховної Ради України – 1998 – № 38-39. 248 - 298 с.
8. Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: Лібра, 1998. – 248 с.
9. Злобін Ю.А. Екологічні проблеми агропромислового комплексу України на початку третього тисячоліття. // Ойкумена. –1993 - №3.

10. Голубець М.А. Урбанізація, її соціальна суть та екологічні наслідки. – Л.: Академ. експрес, 1997. с 3-5.
11. Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.П. Кислотные дожди и окружающая среда. - М.: Химия, 1991 – 144 с.
12. Хорват Л. Кислотный дождь. Перевод с венгерского В.В. Крымского. Под редакцией д.т.н. проф. Михайловского Ю.Н. М.: Стройиздат, 1990. – 80 с.
13. Екологія Львівщини 2005. – Л.: Сполом, 2006, - 118 с.
14. Skiba S. Pokrywa glebowa Bieszczadzkiego Parku Narodowego i jej rola w funkcjonowaniu ekosystemow. Roczn. Bieszczadzkie. t.2, 1994.
15. Uziak S. Gleby Karpat Fliszowych i ich specyfika- [w:] Gleby Gorskiegeneza, właściwości, zagrożenia. Mat. konf. AR Kracow, 1992.
16. Skiba S., Drewnik M., Szmuc R., Predki R. Właściwości buforowe gleb poloninowych bieszczadow zachodnich. Roczn. Bieszczadzkie. t.2, 1993.
17. Надточий П.П. Определение кислотно-основной буферности почв.// Почвоведение 1993, №4 с 34-39.
18. Савченко Т.И. Буферность почв и факторы почвенной кислотности.// Химизация сельского хозяйства, 1989. - №2. с 40-43.
19. Bache W.W. The Role of Calcium in Buffering Soils // Plant, Cell and Environ, 1984. V7. N6. P 391-395.

УДК 621.311.13

**П.Г. Столярчук, д.т.н., проф., (Національний університет „Львівська політехніка”),**  
**В.І. Гудим, д.т.н., проф. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності**  
**МНС України, Polytehnika Czenstohovska),**  
**В.М. Ванько, к.т.н., доц. (Національний університет „Львівська політехніка”)**

### **ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ НА ОСНОВІ WAVELET-ПЕРЕТВОРЕННЯ**

Розглянуто особливості вимірювання повільних показників якості електроенергії в мережах загального призначення та описано застосування оригінального методу оцінки якості електроенергії з використанням wavelet-перетворення. Наведено приклади контролю можливих варіантів сигналів напруги. Запропоновано структуру спеціалізованого аналізатора для вимірювання показників якості електроенергії із застосуванням сучасної мікроелектронної техніки

**Вступ.** знаходить широке застосування у всіх галузях промислової діяльності та в побутовій сфері життєзабезпечення людства.

Оптимальне функціонування розподільчих електричних мереж значною мірою залежить від режимів споживання електроенергії (ЕЕ) та різновидів і характеристик електроприймачів. Тривалі струмові перевантаження, можливі короткі замикання, кидки струмів вмикання та перенапруги різного походження часто призводять до пошкодження ізоляції і є причиною появи пожежі та надзвичайних ситуацій в електроустановках низької та високої напруги.

Тому контроль якості ЕЕ, яка визначається вказаними режимами, до певної міри може запобігти виникненню надзвичайних ситуацій в електроустановках.

В діючій нормативно-технічній документації регламентується група показників якості (ПЯ) ЕЕ, завдяки якій встановлюються їх нормальні та граничнодопустимі значення, які