

СПЕЦИФІКА ПРОЯВУ КИСЛОТНО-ОСНОВНОЇ БУФЕРНОЇ ЗДАТНОСТІ БУРОЗЕМНИХ ҐРУНТІВ КАРПАТСЬКОЇ ГІРСЬКО- ЛІСОВОЇ ПРОВІНЦІЇ

I.C. СМАГА

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012
e-mail: i.sмага@chnu.edu.ua

Мета досліджень полягала у встановленні специфіки кислотно-основної буферності ґрунтів буроземного типу Карпатської гірсько-лісової провінції з різними генетичними особливостями.

Проаналізовано закономірності формування та параметри кислотно-основної буферності буроземів та бурувато-підзолистих ґрунтів під лісовими та трав'янистими фітоценозами. За результатами потенціометричного титрування із зростаючими концентраціями (від 0,005 до 0,05N) хлороводневої кислоти та гідроксиду натрію побудовано криві буферності та визначено показники буферних властивостей, зокрема, здатність ґрунту нейтралізовувати та поглинати кислоту, або луг, протикислотну і протиосновну буферності, зміни величини рН відносно рН_{CaCl2} (нульової буферної кривої) за мінімального кислотного та лужного навантаження.

Для досліджуваних ґрунтів визначено оцінні показники кислотно-основної буферності в кислотному та лужному інтервалі навантажень – потенційну буферну ємність та асиметричність буферності. Встановлено загальні закономірності формування кислотно-основної буферної здатності залежно від типу фітоценозу в ґрунтах буроземного типу Карпатської гірсько-лісової провінції.

Встановлено аналогічний характер прояву кислотно-основних буферних властивостей ґрунтами буроземного типу, незалежно від виду фітоценозу та специфіки генетичної природи ґрунту. Бурі гірсько-лісові й гірсько-лучні та бурувато-підзолисті оглеєні ґрунти проявляють високу буферну здатність щодо лужних навантажень та істотно меншу - щодо кислотних, тобто кислотно-лужну рівновагу ґрунтового розчину значно легше зрушити в сторону підкислення.

Ключові слова: бурі лісові ґрунти, бурувато-підзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти, актуальна кислотність ґрунту, кислотно-основна буферна здатність, нейтралізувальна здатність ґрунту, буферна ємність ґрунту

Вступ. Розробка заходів з попередження кислотної деградації ґрунтосфери в значній мірі залежить від стану вивченості кислотно-основної буферної здатності або рН-буферності ґрунту. Під нею розуміють здатність ґрунту протистояти змінам реакції ґрунтового розчину під впливом різних факторів. Вона виступає функцією всіх хімічних компонентів ґрунту та вміщує важливу генетичну інформацію, зокрема щодо специфіки ґрунтоутворення. Вищою буферністю володіють ґрунти важкі за гранулометричним складом, з великою кількістю глинистих мінералів, особливо монтморилонітової групи, високою гумусованістю, місткістю катіонного обміну тощо.

Вивчення кислотно-основної буферної здатності ґрунтів України проводилося у розрізі окремих їх генетичних типів (Намкало, 2002;

Ozhovan, 2013; Truskavetskyi, 2003), або у випадку землеробського використання ґрунтів з кислою реакцією середовища щодо встановлення їх потреби у вапнуванні (Nadtochii, 2013; Truskavetskyi, 2003). Менше вивчені закономірності формування кислотно-основної буферності залежно від генетичної природи кислих ґрунтів буроземного типу Карпатської гірсько-лісової провінції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Карпатська гірсько-лісова провінція характеризується складною структурою ґрунтового покриву. Встановлено, що буроземоутворення відбувається як у гірсько-лучному, так і в лісовому поясах Карпат, а також охоплює передгір'я та передгірські рівнини (Kanivets', 2012). На даній території, залежно від геолого-геоморфологічних умов, абсолютної

висоти над рівнем моря, типу рослинності й материнських порід сформувалися бурі гірсько-лісові та гірсько-лучні ґрунти, буроземи опідзолені та лесивовані, дерново-буроземні, підзолисто-буроземні, бурувато-підзолисті поверхнево-оглеєні, лучно-буроземні опідзолені, лучно-буроземно-глеєві ґрунти та інші. На висотах понад 1200-1500 м над рівнем моря на полонинах поширені буроземи гірсько-лучні, а під пологом лісу – буроземи гірсько-лісові (Kanivets', 2008).

Зазначимо, що всі профільно-диференційовані ґрунти на території Передкарпаття діагностуються як бурувато-підзолисті поверхнево-оглеєні (Smaha, 2008; Nikorych et al., 2012; Pol'chyna, 2014), або буроземно-підзолисті поверхнево-оглеєні (Polupan et al., 2002). Представники Львівської школи ґрунтознавства фонові профільно-диференційовані ґрунти відносять до дерново-підзолистих (Pan'kiv & Pozniak, 1998), а їх аналоги на УІ та УІІ надзаплавних терасах Дністра – до буроземно-підзолистих (Maluk & Pan'kiv, 2021). За наявності деяких відмінностей між ними, їх спільною ознакою є диференціація профілю за елювіально-ілювіальним типом (Maluk & Pan'kiv, 2016).

Для буроземів характерна слабка диференціація профілю на генетичні горизонти, перехід темно-бурого забарвлення з глибиною в жовто-буре, оглиненість середньої частини профілю. Їм притаманні висока ненасиченість основами, кисла реакція середовища, а також високий вміст аморфного заліза й алюмінію (Kanivets', 2012).

Відомо, що бурувато-підзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти мають чітко виражену за елювіально-ілювіальним типом диференціацію профілю, а з класичними буроземами їх зближує буре забарвлення генетичних горизонтів, гуматно-фульватний склад гумусу, висока кислотність та ненасиченість основами, а також наявність великих кількостей рухомого алюмінію та підвищений вміст аморфних гідроксидів алюмінію й заліза (Tsvyk, 2012).

Мета досліджень – прослідкувати закономірності прояву кислотно-основної буферності буроземів та бурувато-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтів під лісовими та трав'янистими фітоценозами.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на буроземних ґрунтах Чивчинських гір під лісом та на полонині, а також на ґрунтах з елювіально-ілювіальним диференційованим профілем під різними типами угідь в межах території Вишницького передгірського агроґрунтового району Чернівецької області. На

кожному з угідь були закладені ґрунтові розрізи та серія прикопок.

Об'єктами досліджень виступали буроземи та бурувато-підзолисті оглеєні ґрунти з такою будовою профілю: бурий гірсько-лісовий кислий холодний середньоглибокий на елювії сланцю – Нл (0 – 3 см) + Нq (3 – 22см) + НPq (22 – 70) + Phq (70 – 104 см) + PQ (глибше 104 см); бурий гірсько-лучний кислий холодний середньоглибокий на елювії сланцю – Нл (0 – 4 см) + Нq (4 – 13см) + НPq (13 – 32) + Phq (32 – 58 см) + PQ (глибше 58 см); бурувато-підзолистий середньосуглинковий на елювіально-делювіальному суглинку під покривом лісу – Нл(0 – 4 см) + HEgl (4 – 13см) + EIgl (13 – 32) + Igl (32 – 58 см) + Pgl (глибше 58 см); бурувато-підзолистий середньосуглинковий на елювіально-делювіальному суглинку під пасовищем – Нл (0 – 4 см) + HEgl (4 – 13см) + EIgl (13 – 32) + Igl (3 – 2-58 см) + Pgl (глибше 58 см).

З середини кожного генетичного горизонту було відібрано по три ґрунтових зразки. Підготовлені до аналітичних досліджень зразки ґрунту піддавали потенціометричному титруванню розчинами хлороводневої кислоти та гідроксиду натрію, виготовлених на 0,05 М розчині CaCl_2 за концентрацій від 0,005 до 0,05Н. Отримані криві буферності дали змогу визначити показники буферних властивостей: здатність ґрунту нейтралізовувати й поглинати кислоту (в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до pH 3,0) та луг (в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до pH 8,0), зміну величини pH суспензій відносно $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ за максимального кислотного і лужного навантаження (Smaha & Kazimir, 2009). Потенційну буферну ємність в кислотному та лужному діапазоні навантажень як один з показників кислотно-основної буферності ґрунту визначали згідно ДСТУ 4456:2005 за даними потенціометричного титрування (DSTU 4456:2005, 2006). Для порівняльної оцінки буферності в якості безбуферного субстрату при побудові «нульової» стандартної кривої використовували чистий середньозернистий кварцовий пісок (Truskavetskyi, 2003).

Результати та їх обговорення. Процеси утворення, функціонування та еволюції ґрунтів гумідних територій супроводжуються формуванням кислотої реакції середовища, сприятливої для опідзолення. Дія органічних кислот на мінеральний субстрат сприяє формуванню в профілі ґрунту кислих елювіальних горизонтів. В умовах застійно-промивного водного режиму створюються умови для глеє-елювіювання та виносу продуктів руйнування мінералів у нижню частину профілю

грунту. Трансформація глинистих мінералів, гумусові сполуки, органо-мінеральні комплекси впливають на формування буферної здатності ґрунту щодо кислотно-лужних навантажень.

Реакція ґрунтового розчину тісно пов'язана з хімічним складом та властивостями ґрунту, типом фітоценозів та напрямом ґрунтоутворення. Кисотно-основна рівновага ґрунту підтримується певним набором буферних систем, фізико-хімічний склад яких тісно пов'язаний з специфікою ґрунтоутворення, життєдіяльністю біоти та впливу інших екзо- й ендегенних чинників. Буферна дія притаманна твердій фазі ґрунту, однак вона може з значній мірі визначатися й іншими механізмами, зокрема наявністю в ґрунтовому розчині слабких основ, кислот та їх солей. Концепція буферних систем відображає різну поведінку кислотно-основних буферних механізмів ґрунту в залежності від генетично притаманної величини рН (Zhang S. et al., 2016).

Буферні механізми ґрунтів Карпатського регіону формують ненасичені кальцієм колоїди, алюмосилікатні глинисті мінерали, гідроокиси алюмінію та заліза, а також високий рівень актуальної й потенційної кислотності (Hamkalo, 1998; Truskavetskyi, 2003). Високий вміст органічної речовини та сполук алюмінію – важливі компоненти буферних систем буроземів.

Півтораоксидам, особливо алюмінію, вміст яких досить високий в ґрунтах буроземного типу, належить визначальна роль у формуванні здатності ґрунту стійко зберігати природну конструкцію своїх буферних механізмів. Параметри буферної ємності цих ґрунтів у інтервалі кислотних навантажень є значно вищими в порівнянні з дерново-підзолистими ґрунтами грубої гранулометрії Полісся та опідзоленими суглинковими ґрунтами Західного Лісостепу. Здатність потидіяти значним об'ємам кислотно-лужних навантажень переважно зумовлюється розвиненою гумусовою оболонкою й потужними феро- та алюмогуматними комплексами кислотної природи (Truskavetskyi, 2003).

Алюміній розглядається як вирішальний чинник формування кислотності буроземів (Hamkalo, 2002) та кислих опідзолених ґрунтів Передкарпаття (Dziubailo et al., 2013). Сполуки алюмінію, з огляду на його аморфну природу, здатні забезпечувати буферні ефекти у широкому діапазоні значень рН. Вони розглядаються важливим буферним компонентом ґрунту, тобто алюмінієвою буферною системою, представленою несиликатними формами алюмінію. Високий вміст гумусу та рухомого

алюмінію у верхніх горизонтах буроземів створює адитивний ефект у їх підкислювальній дії та різко збільшує буферність у лужному діапазоні навантажень (Hamkalo, 2002).

Встановлено, що протикислотна буферна здатність буроземів зменшується зі збільшенням абсолютної висоти залягання ґрунту. Вона залежить від параметрів його фізико-хімічних властивостей та генези ґрунтоутворюючих порід. З послабленням протикислотних буферних властивостей ґрунту відбувається інтенсивне підкислення верхніх горизонтів буроземів (Hamkalo, 2002).

Відомі результати досліджень з ідентифікації зон буферності та встановлення її інтенсивності. На їх основі зроблено висновок, що буроземам з високим вмістом рухомого алюмінію та гумусу притаманна висока буферна здатність в лужному інтервалі навантажень внаслідок домінування алюмінієвої буферної системи, а також участі в буферних реакціях функціональних груп специфічних і неспецифічних гумусових кислот. З підвищенням вмісту обмінного кальцію суттєво підвищується буферність ґрунтів буроземного типу в кислотному плечі (Pozniak & Hamkalo, 2001). Це пояснюється високою спорідненістю фульвокислот буроземів з іонами алюмінію, а бурих гумінових кислот з закисним залізом та кальцієм. Крім того, притаманні гумусовим кислотам, протикислотні та протилужні буферні властивості, дозволяють їм відігравати важливу роль у саморегуляції кислотно-основного режиму ґрунтів. Зв'язування рухомого алюмінію в стійкі алюмогуматні та алюмофульватні комплексні сполуки, а отже й зниження його концентрації в ґрунтовому розчині сповільнює його перехід в рослини. Фульвокислоти, на відміну від гумінових кислот, проявляють вищу буферність у кислотному інтервалі навантажень та дещо нижчу – в лужному. Гумінові кислоти стійкіші до лужних навантажень, порівняно з фульвокислотами [Tsarko, 2003 2016].

Залежно від генетичної природи ґрунту, в ньому присутні різноманітні буферні системи, що ускладнює виокремлення оцінних показників кислотно-основної буферності. Один з поширених методів передбачає визначення потенційної буферної ємності (ПБЄ) в кислотному (ПБЄк) та лужному інтервалі навантажень (ПБЄл). Досліджувані буроземам характерна низька буферна здатність в кислотному та висока – в лужному діапазоні навантажень. Зокрема, ПБЄк бурого гірсько-лісового ґрунту складає 2,67 – 3,09, а бурого гірсько-лучного – 2,42 – 3,92 бала (табл. 1). Для

бурувато-підзолистого ґрунту під лісом та пасовищем параметри даного показника склали 7,89 – 13,2 та 10,5 – 15,3 бала відповідно. У буроземах параметри зазначеного показника були в кілька разів нижчими. Це може бути пов'язано з їх важчим гранулометричним складом, нижчим вмістом рухомого алюмінію та менш кислою реакцією середовища.

Відомо, що буроземи Чорногірського масиву характеризуються низькою та дуже низькою стійкістю до підкислення. Через виснаження катіонно-обмінної буферної системи, кислотно-основну рівновагу утримують алюмінієвий і ферумовий буфери. Буферність буроземів гірсько-лісового поясу в кислотному діапазоні навантажень має обернену залежність від вмісту обмінного алюмінію (Pozniak & Hamkalo, 2001). Взаємодіючи з алюмінієм, гумусові кислоти

проявляють потужну буферну протидію до підкислення ґрунту (Tsapko, 2016).

Величина ПБЄл в досліджуваних ґрунтах у кілька разів перевищує ПБЄк. Відмічається зростання її значень в нижній товщі ґрунту порівняно з верхньою. ПБЄл бурувато-підзолистого ґрунту виявилася в 2 рази вищою порівняно з буроземом. Іншою відмінністю є те, що в бурому лісовому ґрунті відмічене зростання значень даного показника з глибиною, а в бурувато-підзолистому ґрунті найвищі значення притаманні гумусово-елювіальному горизонту.

У зв'язку з такою специфікою прояву кислотно-основної буферної здатності, бурозему притаманна буферна асиметричність. Коефіцієнт буферної асиметрії (КБА) має досить близькі значення та складає 0,73 – 0,79 і 0,72 – 0,81 для ґрунту під лісом та полониною відповідно.

Таблиця 1.

Оцінні показники кислотно-основної буферності ґрунтів

Table 1.

Estimated indicators of acid-base buffering capacity of soils

Генетичний горизонт	Коефіцієнт буферної асиметрії	Потенційна буферна ємність, бали		ПБЄк ПБЄл
		кислотна	лужна	
Бурий гірсько-лісовий кислий				
H _q	0,76	2,71	19,9	0,136
HP _q	0,73	3,09	20,3	0,152
P(h) _q	0,79	2,67	22,3	0,119
Бурий гірсько-лучний кислий				
H _q	0,72	2,88	18,0	0,161
HP _q	0,81	2,42	23,4	0,103
P(h) _q	0,73	3,92	24,8	0,158
Бурувато-підзолистий поверхнево-оглесний, ліс				
HE	0,79	7,89	56,1	0,141
E _{gl}	0,69	10,1	41,6	0,243
Ei _{gl}	0,72	9,22	43,2	0,213
I _{gl}	0,68	11,1	44,7	0,248
Pi _{gl}	0,63	13,2	46,0	0,287
Бурувато-підзолистий поверхнево-оглесний, пасовище				
HE	0,58	11,6	43,7	0,265
E _{gl}	0,57	10,5	38,9	0,270
Ei _{gl}	0,53	12,8	41,6	0,308
I _{gl}	0,35	15,3	31,5	0,486
Pi _{gl}	0,38	14,2	31,8	0,446

Для бурувато-підзолистого ґрунту теж характерна буферна асиметричність, тобто відмічається більший прояв буферної здатності в лужному інтервалі навантажень, порівняно з кислотним. В ґрунті під лісом значення КБА підвищуються до рівня буроземів (0,63 – 0,79 в межах профілю). В ґрунті під пасовищем неосушеним, де порівняно з ґрунтом під лісом сильніше проявляється застій вологи у верхній

товщі та розвиток процесів оглеєння і глеє-елювіювання, реакція середовища стає менш кислою. В таких умовах зростає ПБЄк на фоні зниження ПБЄл порівняно з ґрунтом під лісом. Найчіткіше це проявляється в нижній частині ґрунтового профілю. Значення КБА в межах профілю ґрунту під даним угіддям знижуються до 0,35 – 0,58.

Іншим показником для характеристики кислотно-основної буферності ґрунту є відношення ПБЄк/ПБЄл. Для бурозему воно має досить близькі значення та складає 0,136 – 0,152 і 0,103 – 0,161 під лісом та полониною відповідно. Близькі величини даного відношення було отримано й для буроземів Чивчинських гір (Hamkalo, 2002). В бурувато-підзолистому ґрунті таке відношення є в 1,5 – 2 рази вищим для верхніх горизонтів та в 2 – 3 рази – для нижніх. Значення даного показника зростають при зниженні значень КБА та навпаки. Це свідчить про підвищення якості кислотно-основних буферних систем бурувато-підзолистого ґрунту та посилення ефекту саморегуляції його кислотно-основного стану порівняно з буроземом.

Дослідженнями встановлено, що буроземи та бурувато-підзолисті ґрунти суттєво не відрізняються за величиною ступеня актуальної кислотності, яка при визначенні кислотно-основної буферності ґрунту використовується як відображуюча (початкова) точка. Найкисліша реакція середовища притаманна верхнім генетичним горизонтам. Для бурозему вона складає 4,2 і 4,5, а для бурувато-підзолистого ґрунту – 4,05 і 4,40 під лісом та трав'янистим фітоценозом відповідно (табл. 2). У всіх ґрунтових розрізах її величина зростає з глибиною.

За результатами потенціометричного титрування будується крива рН-буферності ґрунту, характер якої зумовлюється його генетичними особливостями. Вона є графічним відображенням зміни величини рН ґрунтової суспензії по відношенню до його початкового значення при додаванні до наважки ґрунту розчинів кислоти чи лугу відповідних концентрацій. На її основі розраховуються показники буферних властивостей ґрунту.

Для ґрунтів буроземного типу з огляду на їх низьку буферність у кислотному плечі важливо встановити величини зрушення кислотно-основної рівноваги за мінімальних кислотних навантажень. Для цього варто встановлювати зміни рН суспензії від уведення розчинів кислоти чи лугу мінімальної концентрації (0,005Н) відносно рН_{H₂O}, тобто буферність ґрунту в «принульових відрізках» (Smaha & Kazimir, 2009). Це особливо важливо при прогнозуванні наслідків застосування мінеральних добрив, впливу кислотних опадів, конструювання оптимальних ландшафтів з використанням потенціалу ацидофільності рослинного покриття тощо.

Встановлено, що при введенні до суспензії розчину кислоти мінімальної концентрації найбільше зрушення рН в сторону підкислення зафіксовано у буроземів. Особливо це характерно для нижньої частини профілю, де початковий рН знижується на 2,46 – 2,48 од. У верхніх та перехідних генетичних горизонтах таке зниження було у 1,5 – 2 рази нижчим. Для бурувато-підзолистого оглеєного ґрунту під лісом характерний менший зсув величини рН (0,57 – 1,3 од. рН в межах профілю), а під пасовищем він майже такий самий як в бурому гірсько-лісовому ґрунті.

Розраховували також нейтралізувальну здатність (НЗ) ґрунту в першому інтервалі кислотного та лужного навантаження, в мг-екв кислоти чи лугу з розрахунку на 100 г ґрунту. В усіх випадках найвищі значення даного показника фіксувалися у верхніх генетичних горизонтах за поступового зниження з глибиною. Бурозем, на відміну від бурувато-підзолистого ґрунту вирізняються вищими значеннями НЗ.

Досить суттєві відмінності між ґрунтами проявляються в інтервалі мінімального навантаження лужного діапазону. Для бурого гірсько-лісового ґрунту зсув величини рН у даному відрізку в сторону лужних значень складає 2,04 – 3,2, а для бурого гірсько-лучного – 2,0 – 3,48 од. рН в межах профілю. Для бурувато-підзолистого ґрунту відповідні величини в межах профілю склали 0,35 – 2,15 та 0,55 – 1,2 од. рН відповідно під лісом та пасовищем, тобто даний ґрунт здатний краще протистояти підлугуванню. НЗ даного ґрунту у відрізку мінімального навантаження лужного інтервалу була вищою, ніж бурозему. Більше це стосується ґрунту під лісом, ніж під пасовищем.

Згідно з наведеними показниками, бурозему порівняно з бурувато-підзолистим ґрунтом притаманна нижча буферна здатність у відрізках мінімальних навантажень як в сторону підкислення, так і в сторону підлугування. Це може бути зумовлене нижчою його буферною ємністю порівняно з бурувато-підзолистим ґрунтом. Однак, за результатами досліджень кислотно-основної буферності ґрунтів Карпатського біосферного заповідника висловлено припущення, що буроземи Карпат здатні знешкоджувати кислотні опади, тобто виконувати роль геохімічного бар'єра через високу фільтраційну здатність та контрастність величин буферної ємності в межах профілю ґрунтів та в підґрунті (Pozniak & Hamkalo, 2001).

Таблиця 2.

Буферна здатність ґрунтів за мінімальних кислотно-лужних навантажень

Table 2.

Buffering capacity of soils under minimal acid-base loads

Генетичний горизонт	рН _{Н2О}	0,005Н розчин кислоти		0,005Н розчин лугу	
		зсув рН	нейтралізувальна здатність, мг-екв/100г ґрунту	зсув рН	нейтралізувальна здатність, мг-екв/100г ґрунту
Бурий гірсько-лісовий кислий на елювії-делювії флішу					
H _q	4,20	1,33	1,85	3,20	0,52
HP _q	4,10	1,18	0,96	3,44	0,26
P(h) _q	5,40	2,46	0,74	2,04	0,28
Бурий гірсько-лучний кислий					
H _q	4,50	1,75	1,72	3,48	0,47
HP _q	4,65	1,90	0,88	2,65	0,28
P(h) _q	5,40	2,48	0,39	2,00	0,31
Бурувато-підзолистий поверхнево-оглеєний, ліс					
HE	4,05	0,57	1,40	2,15	1,42
E _{gl}	4,80	0,67	0,66	1,16	0,46
Ei _{gl}	5,80	0,85	0,46	0,50	0,68
I _{gl}	5,30	0,93	0,74	0,68	1,44
Pi _{gl}	5,70	1,30	0,14	0,35	0,28
Бурувато-підзолистий поверхнево-оглеєний на елювіально-делювіальному суглинку, пасовище					
HE	4,40	1,30	1,56	1,20	0,72
E _{gl}	5,15	1,10	0,40	0,85	0,73
Ei _{gl}	5,50	1,15	0,92	0,55	0,71
I _{gl}	5,90	1,35	0,73	0,90	0,70
Pi _{gl}	6,20	1,60	0,68	0,65	0,80

Встановлено, що висока кислотність лімітує зростання господарсько-цінних у кормовому відношенні видів рослин на буроземах (Helevera, 1999). Рослини реагують на зміну реакції ґрунтового розчину, тому від буферних властивостей ґрунтів залежить сприятливість умов для їх росту. Однак, виявилося що висока буферність буроземів не дозволяє досягти нейтральної реакції середовища шляхом внесення вапнякових добрив. Тому їх доза в перерахунку на CaCO₃ не повинна перевищувати величини річного вилугування кальцію за межі кореневмісного шару ґрунту (Торолуї, 1992). Натомість, вапнування кислих оглеєних ґрунтів Передкарпаття є вагомим заходом підвищення урожайності основних сільськогосподарських культур (Dziubailo et al., 2013). Відомі важливі практичні напрацювання щодо застосування показників кислотно-основної буферної здатності ґрунтів з кислою реакцією середовища для розрахунку норми внесення хімічних меліорантів (Truskavetskyi, 2003; Tsarko, 2016). Доцільно вивчити та перевірити на ґрунтах буроземного типу в конкретних умовах рекомендовані методи визначення доз вапна на основі показників кислотно-основної буферності, а також ресурсоощадні технології його внесення (Tsarko,

2016) задля не допущення перевапнування ґрунту та забезпечення високого еколого-економічного ефекту.

Висновки. Характер прояву кислотно-основних буферних властивостей для ґрунтів Карпатського регіону є аналогічним, незалежно від умов ґрунтоутворення, а отже й специфіки генетичної природи ґрунту. Встановлено, що кислотно-основна буферність ґрунтів Карпатської гірсько-лісової провінції досить висока щодо лужних навантажень та істотно менша щодо кислотних, тобто кислотно-лужну рівновагу значно легше зрушити в сторону підкислення.

Буроземам притаманна чіткіша асиметричність у формуванні кислотно-основної буферної здатності та нижчі значення відношення ПБЄк/ПБЄл і потенційної буферної ємності, особливо в кислотному інтервалі навантажень, порівняно з бурувато-підзолистими ґрунтами.

В бурувато-підзолистому ґрунті під пасовищем за менш кислої реакції середовища підвищується ПБЄ в кислотному інтервалі та знижується буферна асиметричність порівняно з ґрунтом під лісом.

Нижча буферна здатність у відрізок мінімального навантаження в кислотному

інтервалі бурозему порівняно з бурувато-підзолистим ґрунтом пов'язана з вищою кислотністю ґрунтового розчину. Бурувато-підзолистий ґрунт під лісом проявляє вищу буферну здатність у відрізок мінімального навантаження як кислотного, так і лужного інтервалу, ніж під пасовищем.

Список літератури:

1. Гамкало М. (1998). Особливості кислотно-лужної рівноваги ґрунтів Карпатського Біосферного Заповідника (КБЗ). *Вісник Львівського ун-ту. Сер. географія*, 1998, 23, 272-276.
2. Гамкало М. З. (2002). *Кислотно-основна буферність ґрунтів Чорногірського масиву Українських Карпат*: дис. канд. геогр. наук.: 11.00.05 – біогеографія і географія ґрунтів. Львів, 245.
3. Гамкало З. (2004). Диференціальна кислотно-основна буферність ґрунту як критерій екологічної ефективності органічного компонента удобрення агрофітоценозів. *Ґрунтознавство*, 5, 3-4, 43-46.
4. Гелевера О. (1999). Пустинні луки – охоронці гірських ґрунтів. *Вісник Львівського ун-ту*. Львів, 25. Сер. Географічна, 54-56.
5. Дзюбайло А.Г., Сеньків В.М., Бегей С.С. (2013). Підвищення стійкості агроєкосистем Передкарпаття. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова*. Серія 20. Біологія, 5, 131 – 136.
6. ДСТУ 4456:2005. *Якість ґрунту. Метод визначання кислотно-основної буферності ґрунту*. [Чинний від 2006-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006, 16.
7. Канівець В.І. (2008). Буроземи (бурі лісові ґрунти) в Україні: проблеми класифікації. *Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство*, 2008, 1, 23-31.
8. Канівець В.І. (2012). *Процеси ґрунтоутворення в буроземно-лісовій зоні і класифікація буроземів*. Чернівці: ЧДІЕУ, 248.
9. Малик С., Паньків З. (2021). Морфогенез буроземно-підзолистих ґрунтів Пригорбанського Передкарпаття: монографія. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 210.
10. Надточій П.П. (2013). Еталонні значення кислотно-основної буферності дерново-підзолистих ґрунтів. *Вісник ЖНАЕУ*, 1, 3-13.
11. Нікорич В.А., Крижанівський О.М., Шиманський В. (2012). Мікроморфологічна будова бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів Вижницько-Сторожинського фізико-географічного району Передкарпаття. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологічні системи*, 4, 2, 193-196.
12. Ожован О.О. (2013). Кислотно-основна буферність ґрунтів Північно-Західного Причорномор'я. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. тематич. наук. зб.* Харків, 79, 94-98.
13. Паньків З., Малик С. (2016). Географія та генеза буроземно-підзолистих ґрунтів (Gleyic Combisols) Прибескидського Передкарпаття. *Наукові записки*, 2016, 2, 26-31.
14. Паньків З.П., Позняк С.П. (1998). *Дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти північно-західного Передкарпаття*. Львів: Меркатор, 132.
15. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. (2002). Діагностика, номенклатура та класифікація буроземних ґрунтів Карпатського регіону. *Вісник аграрної науки*, 5, 20-28.
16. Польчина С.М. (2014). *Профільно-диференційовані оглеєні ґрунти Передкарпаття: генеза, варіабельність, систематика*. Чернівці: Чернівецький національний університет, 270.
17. Смага І.С. (2008). Діагностика генетичної природи і встановлення номенклатурно-класифікаційної приналежності профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва*, 1, *Ґрунтознавство*, 114-118.
18. Смага І.С., Казімір І.І. (2009). Еколого-генетична зумовленість формування кислотно-основної буферності бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів Передкарпаття та інформативність її показників. *Ґрунтознавство*. 10, 3-4, 82-92.
19. Топольний Ф.П. (1992). До питання про критерії необхідності вапнування ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. тематич. наук. зб.*, 54. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського", 54-57.
20. Трускавецький Р. С. (2003). *Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції*. Х.: ППВ «Нове слово», 2003, 224.
21. Цапко Ю. Л. (2003). *Нові підходи до встановлення потреб кислих ґрунтів у вапнуванні*. *Вісник аграрної науки*, 2003, № 6, 14-17.
22. Цапко Ю. Л. (2016). Альтернативні підходи до меліорації кислих ґрунтів. *Вісник аграрної науки*, 2016, № 10, 12-15.
23. Цвик Т.І. (2012). Особливості формування ґрунтів з диференційованим профілем в Карпатській гірсько-лісовій провінції. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологічні системи*, 4, 1, 108-111.
24. Pozniak, S.P. and Hamkalo, M.Z. (2001). The acid-base buffer capacity of brown metamorphic soils in the Ukrainian Carpathians. *Eurasian Soil Science*, 34, 6, 584-592.
25. Zhang S., Wang R., Cai J., Zhang Y., Li H., Huang Sh., Jiang Y. (2016). Impact of fertilization practices on pH and the pH buffering capacity of calcareous soil. *Soil Science and Plant Nutrition*, 62(5-6), 432-439.

References:

- Hamkalo M. (1998). Features of the acid-base balance of soils of the Carpathian Biosphere Reserve (CBZ) [Osoblyvosti kyslotno-luzhnoi rivnovahy gruntiv Karpatskoho biosferneho Zapovidnyka (KBZ)]. *Visnyk Lvivskoho un-tu. Ser. heohrafiia*, 1998, 23, 272-276. [in Ukrainian].
- Hamkalo M. Z. (2002). Acid-base buffering capacity of soils of the Chornohirsky massif of the Ukrainian Carpathians [Kyslotno-osnovna bufernist gruntiv Chornohirskoho masyvu Ukrainskykh Karpat]: dys. kand. heohr. nauk.: 11.00.05 – bioheohrafiia i heohrafiia gruntiv. Lviv, 245. [in Ukrainian].
- Hamkalo Z. (2004). Differential acid-base buffering of soil as yardstick of ecological efficiency of an organic component of fertilizings of agrophytocenoses [Dyferentsialna kyslotno-osnovna bufernist hruntu yak kryterii ekolohichnoi efektyvnosti orhanichnoho komponenta udobrennia ahrofitotsenoziv]. *Gruntoznavstvo*, 5, 3-4, 43–46. [in Ukrainian].
- Helevera O. (1999). Wasteland meadows – guardians of mountain soils [Pustyshchni luky – okhorontsi hirs'kykh gruntiv]. *Visnyk Lvivskoho un-tu*. Lviv, 25. Ser. Heohrafichna, 54-56. [in Ukrainian].
- Dziubailo A.H., Senkiv V.M., Behei S.S. (2013). Increasing the resilience of agroecosystems in the CisCarpathians [Pidvyshchennia stiikosti ahroekosystem Peredkarpattia]. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M.P. Drahomanova*. Seriya 20. Biolohiia, 5, 131 – 136. [in Ukrainian].
- DSTU 4456:2005. Soil quality. Method for determining the acid-base buffering capacity of soil [Yakist gruntu. Metod vyznachannia kyslotno-osnovnoi bufernosti gruntu]. [Chynnyi vid 2006-10-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006, 16. [in Ukrainian].
- Kanivets V.I. (2008). Burozems (brown forest soils) in Ukraine: classification problems [Burozemy (buri lisovi grundy) v Ukraini: problemy klasyfikatsii]. *Visnyk KhNAU. Gruntoznavstvo*, 2008, 1, 23-31. [in Ukrainian].
- Kanivets', V.I. (2012). *Soil formation processes in the brown soil-forest zone and classification of brown soil* [Protsesy hruntoutvorennia v burozemno-lisovij zoni i klasyfikatsiia burozemiv]. Chernihiv: ChDIEU, 248. [in Ukrainian].
- Malyk, S., Pan'kiv, Z. (2021). Morphogenesis of brown earth-podzolic soils of the Prygorgan Predkarpattia: a monograph [Morfohenez burozemno-pidzolystykh hruntiv Pryhorhans'koho Peredkarpattia: monohrafiia]. L'viv: LNU imeni Ivana Franka, 210. [in Ukrainian].
- Nadtochii P.P. (2013). Reference values of acid-base buffering capacity of sod-podzolic soils [Etalonnii znachennia kyslotno-osnovnoi bufernosti dernovo-pidzolystykh hruntiv]. *Visnyk ZhNAEU*, 1, 3-13. [in Ukrainian].
- Nikorych, V.A., Kryzhanivs'kyj, O.M., Shymans'kyj, V. (2012). Micromorphological structure of brownish-podzolic clayey soils of Vyzhnytsia-Storozhynets physical and geographical region of Predkarpattia [Mikromorfolohichna budova buruvato-pidzolystykh ohleienykh gruntiv Vyzhnyts'ko-Storozhynets'koho fizyko-heohrafichnoho rajonu Peredkarpattia]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu Biolohichni systemy*, 4, 2, 193-196. [in Ukrainian].
- Ozhovan O.O. (2013). Acid-base buffering capacity of soils of the Northwestern Black Sea region [Kyslotno-osnovna bufernist hruntiv Pivnichno-Zakhidnoho Prychornomoria]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo: mizhvid. tematychn. nauk. zb.* Kharkiv, 79, 94-98. [in Ukrainian].
- Pan'kiv, Z., Malyk, S. (2016). Geography and genesis of brown earth-podzolic soils (Gleyic Combisols) of the Beskid Predkarpattia [Heohrafiia ta geneza burozemno-pidzolystykh hruntiv (Gleyits Tsombisols) Prybeskyds'koho Peredkarpattia]. *Naukovi zapysky*, 2, 26-31. [in Ukrainian].
- Pan'kiv, Z.P., Pozniak, S.P. (1998). Sod-podzolic superficially alkalized soils of the northwestern Predkarpattia [Dernovo-pidzolisti poverkhnevo-ohleieni grundy pivnichno-zakhidnoho Peredkarpattia]. L'viv: Merkator, 132. [in Ukrainian].
- Polupan, M. I., Solovej, V. B., Velychko, V. A. (2002). Diagnosis, nomenclature and classification of brown soils in the Carpathian region [Diahnostyka, nomenklatura ta klasyfikatsiia burozemnykh gruntiv Karpats'koho rehionu]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 5, 20–28. [in Ukrainian].
- Pol'chyna, S.M. (2014). Profile-differentiated glaciated soils of Predkarpattia: genesis, variability, systematics [Profil'no-dyferentsijovani ohleieni hruty Peredkarpattia: geneza, variabel'nist', systematyka]. Chernivtsi: Chernivets'kyj natsional'nyj universytet, 270. [in Ukrainian].
- Smaha, I.S. (2008). Diagnostics of genetic nature and establishment of nomenclature and classification of profile-differentiated soils of Predkarpattia [Diahnostyka henetychnoi pryrody i vstanovlennia nomenklaturno-klasyfikatsijnoi prynalezhnosti profil'no-dyferentsijovanykh hruntiv Peredkarpattia]. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchaieva*, 1. *Hruntoznavstvo*, 114-118. [in Ukrainian].
- Smaha I.S., Kazimir I.I. (2009). Ecological and genetic determinants of the formation of acid-base buffering capacity of brownish-podzolic gleyed soils of the Precarpathian region and the informativeness of its indicators [Ekoloho-henetychna zumovlenist formuvannia kyslotno-osnovnoi bufernosti buruvato-pidzolystykh ohleienykh hruntiv Peredkarpattia ta informatyvni yii pokaznyky]. *Hruntoznavstvo*, 10, 3-4, 82-92. [in Ukrainian].
- Topolnyi F.P. (1992). On the question of the criteria for the need for soil liming [Do pytannia pro kryterii neobkhidnosti vapnuvannia gruntiv]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo. Mizhvid. tematychn. nauk. zb.*, 54. Kharkiv: NNTs "IHA im. O.N. Sokolovskoho", 54-57. [in Ukrainian].
- Truskavetskyi R. S. (2003). Buffer capacity of soils and their main functions [Buferna zdatsnist gruntiv ta yikh osnovni funktsii]. Kh.: PPV «Nove slovo», 2003, 224. [in Ukrainian].
- Tsapko Yu. L. (2003). New approaches to determining the liming needs of acidic soils [Novi pidkhody do vstanovlennia potreb kyslykh hruntiv u vapnuvanni].

- Visnyk ahrarnoi nauky, 2003, № 6, 14-17. [in Ukrainian].
22. Tsapko Yu. L. (2016). Alternative approaches to the reclamation of acidic soils [Alternatyvni pidkhody do melioratsii kyslykh hruntiv]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 2016, № 10, 12-15. [in Ukrainian].
23. Tsvyk T.I. (2012). Features of the formation of soils with a differentiated profile in the Carpathian mountain-forest province [Osoblyvosti formuvannia hruntiv z dyferentsiiovanym profilem v Karpatskii hirsko-lisovii provintsii]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu. Biologichni systemy*, 4, 1, 108-111. [in Ukrainian].
24. Pozniak, S.P. and Hamkalo, M.Z. (2001). The acid-base buffer capacity of brown metamorphic soils in the Ukrainian Carpathians. *Eurasian Soil Science*, 34, 6, 584-592.
25. Zhang S., Wang R., Cai J., Zhang Y., Li H., Huang Sh., Jiang Y. (2016). Impact of fertilization practices on pH and the pH buffering capacity of calcareous soil. *Soil Science and Plant Nutrition*, 62(5-6), 432-439.

SPECIFICITY OF THE MANIFESTATION OF ACID-BASE BUFFERING CAPACITY OF BROWN SOILS OF THE CARPATHIAN MOUNTAIN-FOREST PROVINCE

I.S. Smaga

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
Ukraine, 58012, Chernivtsi, Kotsiubynsky 2 Str.
e-mail: i.smaga@chnu.edu.ua

The purpose of the research was to establish the specificity of the acid-base buffering capacity of soils of the brown earth type of the Carpathian mountain-forest province with different genetic features.

The regularities of formation and parameters of the acid-base buffering capacity of brown earth and brownish-podzolic soils under forest and herbaceous phytocenoses were analyzed. Based on the results of potentiometric titration with increasing concentrations (normality from 0.005 to 0.05) of hydrochloric acid and sodium hydroxide, buffering curves were constructed and indicators of buffer properties were determined, in particular, the neutralizing and absorbing capacity of the soil with respect to acid and alkali, anti-acid and anti-base buffering capacity, pH gradients with respect to pH_{CaCl2} (initial pH of buffer curves) at minimal acid and alkaline load.

For the studied soils, estimated indicators of acid-base buffering capacity were determined - potential buffer capacity in the acidic and alkaline load interval, as well as the buffer asymmetry coefficient. General patterns of formation of acid-base buffering capacity depending on the type of phytocenosis in soils of the brown earth type of the Carpathian mountain-forest province were established.

A similar nature of the manifestation of acid-base buffering properties by soils of the brown earth type was established, regardless of the type of phytocenosis and the specifics of the genetic nature of the soil. Brown mountain-forest and mountain-meadow and brownish-podzolic gleyed soils exhibit a high buffering capacity with respect to alkaline loads and a significantly lower one with respect to acidic loads, i.e. the acid-base equilibrium of the soil solution is much easier to shift towards acidification.

Keywords: brown forest soils, brownish-podzolic gleyed soils, actual soil acidity, acid-base buffering capacity, soil neutralizing capacity, soil buffering capacity.

Отримано редколегією 03.05.2025р.

ORCID ID

Іван Смага: <https://orcid.org/0000-0002-9000-3832>