

УДК 631.445.1:631.415.1

ОСОБЛИВОСТІ КИСЛОТНО-ОСНОВНОЇ РІВНОВАГИ ПОХОВАНИХ НИЗИННИХ ТОРФОВИЩ ПІД РІЗНИМИ ТИПАМИ РОСЛИННОСТІ

Партика Т. В., Гамкало З. Г.

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна
E-mail: tetyana.partyka@gmail.com, zenon.hamkalo@gmail.com

Досліджені особливості кислотно-основної рівноваги (КОР) похованих торфовищ під деревним (вільховий ліс) і лучним ценозами. У профілі 0-50 см максимальний вміст обмінного Алюмінію виявлено у намулі – 70-85 ммоль (+)·кг⁻¹, який стрибкоподібно зменшується до 4,8-6,4 ммоль (+)·кг⁻¹ у верхньому 16-20 см шарі торфу. КОР органогенної частини ґрунту є чутливішою до впливу фітогенного чинника, порівняно з намулом.

Ключові слова: поховані торфовища, намул, кислотно-основна рівновага, актуальна кислотність, потенційна кислотність, обмінний Алюміній

ВСТУП

Теоретико-методологічні засади дослідження

Ґрунтова кислотність, як здатність ґрунтів проявляти властивості кислот або донорів протонів, пов'язана з різними хімічними сполуками, які при взаємодії з водою проявляють властивості кислот, основ і амфолітоїдів. Кислотні компоненти можуть знаходитися в рідкій фазі ґрунтів, на поверхні частинок ґрунтового вбирного комплексу (ГВК), у складі комплексів з органічними сполуками, а також як самостійні тверді фази [1]. Залежно від складу і стану кислотних компонентів вони можуть зумовлювати різні види ґрунтової кислотності: актуальну, обмінну і гідролітичну. Актуальна (у зарубіжній літературі – активна) кислотність пов'язана з активністю іонів Гідрогену в рідких фазах ґрунтових систем і характеризується величиною $pH_{\text{водне}}$. Увібрані твердою фазою іони Гідрогену і Алюмінію зумовлюють обмінну або солеобмінну кислотність, яку визначають обробкою ґрунтів небуферними розчинами солей сильних кислот і сильних основ (KCl, CaCl₂).

Природа обмінної кислотності полігенетична, оскільки її утворюють іони Гідрогену і Алюмінію, увібрані ГВК. Численні дослідження підтверджують гіпотезу обмінного Al^{3+} як головного джерела кислотності в мінеральних горизонтах більшості ґрунтів. Проте, в органогенних горизонтах ґрунтів, що мають значення pH фільтратів KCl суспензій 2,5-4,0, обмінна кислотність зумовлена неспецифічними кислотами і розчинними фульвокислотами, а роль Алюмінію (III) як кислоти, згідно класичного хімічного розуміння терміну “кислотність” – здатність бути донором протонів, в аналізованих об'єктах невелика [22]. Відомо також, що будь-які види потенційної ґрунтової кислотності, пов'язаної з донорною здатністю ґрунтів стосовно протонів, знаходяться в тісній, практично функціональній залежності від вмісту гумусових кислот, що екстрагують 0,1 н розчином NaOH, тобто від першої фракції (ГК1 + ФК1а +1) [3].

Окрім традиційно згадуваних кислотоутворювальників, ще одним кислотним компонентом є іони Fe (III), вміст яких в KCl суспензіях органогенних горизонтів підзолистих і болотно-підзолистих ґрунтів, незалежно від їх генези, становить 0,05-0,11 ммоль·л⁻¹ [14]. Іони Fe³⁺ порівняно з Al³⁺ є більш сильною кислотою (рK_{a11} = 2,19, Ліндсей за [2]). Крім іонів Феруму (III), серед катіонів, що екстрагуються в значних кількостях розчином KCl та беруть участь у кислотно-основних рівновагах, можуть бути Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ і Mn²⁺, константи кислотності катіонів відповідно рівні 14,8, 12,6, 11,5 (Янсон за [2]) і 10,1 [16]. Вираженість властивостей катіонів, як кислот по Бренстеду-Лоурі, в поданому ряду закономірно зростає. Щодо іонів Mn²⁺, які зустрічаються в органогенних горизонтах автоморфних ґрунтів [19, 22], то вони виявляють настільки слабкі властивості кислот, що практично не впливають на значення рН розчину [23].

Кислотність ґрунту – інтегральна динамічна величина, що залежить від хімічного і мінералогічного складу материнської породи, місцевого клімату, вмісту і якості органічної речовини, життєдіяльності організмів. Процес природного підкислення ґрунтів є постійним і пов'язаний з флуктуаціями фізико-хімічних, хімічних і біологічних процесів, яке нейтралізується багатьма буферними механізмами ґрунтового середовища..

Серед пріоритетних чинників природного підкислення ґрунтів є рослини, особливо деревні. Поява гумусових кислот, зокрема фульвокислот, фенолів і поліфенолів та інших кислотоутворювальних метаболітів, внаслідок функціонування системи *ґрунт-рослина*, значно пришвидшила розклад первинних і вторинних мінералів. Необхідно також врахувати, що сам процес мінерального живлення автотрофної біоти, внаслідок зарядкомпенсуючого еквівалентного йонообміну катіонів Гідрогену кореневої системи на катіони NH₄, K, Ca, Mg та інші, супроводжується підкисленням педосфери. Враховуючи атрибутивну роль протонгенеруючого процесу у кореновому живленні автотрофних організмів, на наш погляд, заслуговує на виокремлення в рамках природного підкислення – процес *трофічного підкислення* [6, 7]. Важливо, що еквівалентне, щодо катіонів поживних речовин, виділення рослинами йонів Гідрогену, пов'язане не тільки з підтриманням певного трансмембранного електростатичного потенціалу на мембрані клітини кореня з метою їх захисту від електричного ушкодження, але стало також головним механізмом добування поживних мінеральних речовин із природного середовища, шляхом кислотного гідролізу мінералів. Оскільки, коріння деревних рослин у процесі засвоєння сполук Нітрогену краще вбирають катіони амонію, ніж нітрат-аніони, реакція ґрунтового розчину лісового едафотопу зсувається в бік підвищення його кислотності. Саме з впливом деревної рослинності, яка виділяє у ґрунт у 10-15 разів більші кількості йонів Гідрогену, ніж трав'янисті рослини [8], пов'язують процес опідзолення ґрунтів. За підрахунками І.М. Гоголева [8] один гектар хвойних насаджень у процесі життєдіяльності виділяє у метрову товщу ґрунту таку кількість йонів Гідрогену, яка еквівалентна 10-12 тонам сульфатної кислоти. Ефект підкислення залежить від породи дерева: найбільше підкислюють ґрунт (серед досліджених автором) ялина і бук [36].

Особливий вплив на кислотність ґрунту має вільха як азотфіксатор. За сприятливих для нітрифікації умов у ґрунті, під вільхою сірою (*Alnus incana* L.), нагромаджуються значні кількості нітратів, які не тільки сильно його підкислюють, а також вимиваються у поверхневі води [27].

Подібний вплив на ґрунт має також вільха червона (*Alnus rubra* Bong.), яка у процесі нітрифікації утворює HNO_3 , що зумовлює підкислення ґрунту, причому аніони нітрату утворюють з катіонами водорозчинні сполуки, що вимиваються з ґрунту. Під цим деревом інтенсивність мінералізації сполук Нітрогену втричі вища, а нітрифікації – у 4 рази, порівняно з непокритими ділянками. Удвічі більший вміст загального Нітрогену під вільхою стимулював приріст біомаси і додаткове засвоєння катіонів поживних речовин, що також сприяло підкисленню ґрунту до глибини 20 см, зокрема зменшення $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ від 5,1 до 4,5 (2-6 см) і 5,2 до 4,9 (15-20 см). За цих умов, обмінна кислотність, як і вміст рухомого Алюмінію, збільшувалися до глибини 35 см. Екологічно важливо, що максимальний вміст N-NO_3 у воді, яка витікає з під вільхи червоної, досягав $12,8 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, що є вищим за стандарт питної води ($10,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$), а атмосферні опади (65-85 мм) вимивали з ґрунту у 3 рази більше Калію, 2 рази Кальцію і Натрію та 1,6 рази – Магнію [37].

Ще один екологічний аспект впливу рослин на кислотність середовища – це їхня здатність, залежно від фенологічного стану і кислотності атмосферних опадів, підлогувати кислі і сильноокислі дощі. Так, показники pH опадів, що пройшли через покрив орляка (*Pteridium aquilinum*), підвищувалися на 0,7-1,5 одиниць pH , а стоки з анемони байкальської (*Anemone baicalensis*) – на 0,6-1,4 од. Із представників чагарникового ярусу аналогічно впливає чорниця (*Vaccinium myrtillus* L.), зменшуючи кислотність опадів на 0,4-1,2 од. pH [11].

Варто зауважити, що природні біогеохімічні процеси значно сильніше впливають на підкислення ґрунтів, ніж атмосферні опади [30]. Важлива роль у регулюванні кислотно-основної рівноваги ґрунту належить CO_2 , який надходить до ґрунту з атмосфери, утворюється при диханні коріння і мінералізації органічної речовини. Карбон (IV) оксиду посилює розчинність кальцій карбонату і вимивання катіонів Ca , Mg , K , місце яких у ГВК займає спочатку H^+ , а в процесі подальшої кислотної деградації – Al^{3+} і Mn^{2+} .

За дефіциту кисню у ґрунті (вологість, ущільнення) мікроорганізми використовують для окиснення органічної речовини, як джерело кисню, нітрати, сульфати, оксиди Мангану і Феруму, що сприяє нейтралізуванню кислотності, тоді як процеси аеробного окиснення, навпаки, супроводжуються посиленням кислотності середовища. Підкислення мікроорганізмами життєвого середовища є важливим регуляторним механізмом їхньої активності. Вважають, що незворотне падіння рівня активності ґрунтових мікроорганізмів визначає реакція ґрунтового середовища: пороговим її значенням вважають $\text{pH} < 3,5$ [15].

При дослідженні механізмів формування кислотно-основної рівноваги похованих торфовищ важливо оцінити роль обмінного Алюмінію, з яким пов'язують формування потенційної кислотності едафічного середовища. Відомо, що за pH 4,4-5,0 Алюміній знаходиться в декількох хімічних станах – Al_{13} ($[\text{AlO}_4 \text{Al}_{12}(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}]^{7+}$), AlOH^{2+} , $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ і $\text{Al}(\text{OH})_3$, AlF_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, AlPO_4 та

алюміній-органічних комплексах. Найбільший вміст алюмоорганічних сполук утворюється при рН 4,5-5,0, причому комплексоутворення відбувається як з гумусовими речовинами так і з низькомолекулярними органічними кислотами (особливо стійкий комплекс з оксалатною і форміатною кислотами). Нижче рН 4,0 – головною формою Алюмінію є $Al(H_2O)_6^{3+}$ або Al^{3+} [24, 25].

Оскільки геохімічна рухомість Алюмінію залежить від рН середовища, то за кислотності лісової підстилки близької до 4,0, вміст його обмінної форми зростає до концентрацій токсичних для проростання насіння та розвитку в ній тонких коренів рослин. За сильнішого підкислення підстилок та ґрунтів підзолистого типу спостерігали повне винесення з них обмінного Магнію, масове вилуговування обмінних форм Кальцію і Калію життєво необхідних рослинам елементів. Закріплення в ГВК іонів Алюмінію за рахунок витіснення обмінних основ – один з головних негативних впливів підкислення ландшафтів [9]. У кислих ґрунтах (рН <5,5) Алюміній блокує сорбційний комплекс, оскільки сорбція Al є кращою за Ca чи Mg [29].

Зважаючи на важливу роль, яку відіграє рослинний чинник у змінах кислотності ґрунтів гумідної зони, наші дослідження спрямовані на вивчення особливостей впливу деревної і лучної рослинності на кислотно-основний стан та механізми його регулювання у торфовищах, як дного з найважливіших резервуарів Карбону – потужного джерела стоку і емісії кліматорегулювальних газів.

1. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ

Дослідження кислотно-основних властивостей торфовищ низинних глибоких осоково-очеретяних мілкопохованих на давньоалювіальних відкладах під лісовою (вільховий ліс) та лучно-болотною трав'янистою рослинністю виконано поблизу сіл Чайковичі та Велика Білина Самбірського району Львівської області в межах Верхньодністерської низовини. Ці ґрунти покриті шаром алювіальних сильнооглеєних наносів товщиною 15-20 см. Нижче залягає горизонт добре розкладеного торфу, що з глибиною змінюється на середньорозкладений.

Зразки ґрунту відбирали до глибини 50 см через кожні 5 см. Підготовку ґрунтових зразків до фізико-хімічних досліджень виконували відповідно до ISO 11464. Репрезентативну частину зразка відбирали з повітряно-сухого ґрунту, розтертого і просіяного крізь сито з діаметром отвору 1 мм.

Ступінь кислотності визначали у водній та сольових (1:10 1M KCl та 1:10 0,01M $CaCl_2$) суспензіях ґрунту за допомогою іономіра рН-150. Обмінну кислотність ($H^+ + Al^{3+}$) та вміст обмінного Алюмінію за Соколовим. Вміст водорозчинних органічних речовин за A. Ghani [26]. Статистичну обробку експериментальних даних та графічне оформлення виконали допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2010.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХНЄ ОБГОВОРЕННЯ

Торфовище низинне поховане під вільховим лісом. У профілі ґрунту 0-50 см найменш підкисленим є поверхневий 0-5 см шар намулу ($pH_{\text{вод.}} = 5,60$ од. і $pH_{\text{KCl}} = 4,75$ од.); у його нижче розташованому середньому шарі – 6-10 см ступені актуальної і обмінної кислотностей збільшуються на 0,44 од. $pH_{\text{вод.}}$ і 0,37 од. pH_{KCl} (Рис. 1)

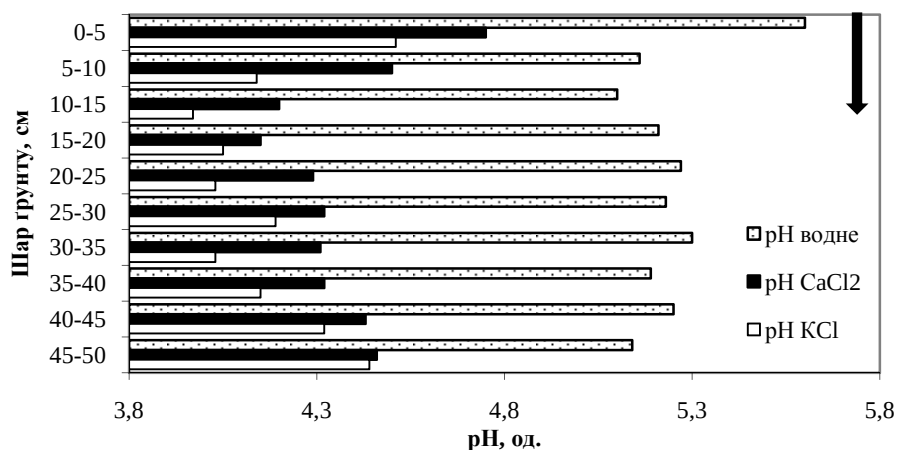


Рис. 1. Особливості профільних змін показників кислотності у торфовищах низинних похованих під деревною рослинністю (вільховий ліс); стрілкою позначена товщина намулу.

Підкислення шару намулу 6-10 см пов'язано зі збільшенням вмісту обмінного Алюмінію від 19,0 до 85,0 ммоль(+) $\cdot$ кг⁻¹, який зумовив збільшення обмінної кислотності від 30,0 до 91,0 ммоль(+) $\cdot$ кг⁻¹ на фоні зменшення вмісту обмінного Гідрогену з 11,0 до 6,0 ммоль (+) $\cdot$ кг⁻¹ та водорозчинної (ЕХВОР і ЕГВОР) органічної речовини (табл. 1). Високий вміст обмінного Алюмінію – 68,0 ммоль (+) $\cdot$ кг⁻¹ характерний також для нижче розташованого шару намулу 11-15 см за $pH_{\text{вод.}} = 5,10$ і $pH_{\text{KCl}} = 3,97$ од. – мінімального значення у профілі ґрунту.

Звертає увагу, що під намулом, у шарі 15-20 см торфу відбувається стрибкоподібне зменшення величини обмінної кислотності (від 75,0 до 7,2 ммоль (+) $\cdot$ кг⁻¹ за рахунок вмісту як обмінного Алюмінію (від 68,0 до 4,8 ммоль (+) $\cdot$ кг⁻¹) так і обмінного Гідрогену (від 7,0 до 2,4 ммоль (+) $\cdot$ кг⁻¹).

Як вважає Шамрикова [22], для таких об'єктів, як лісові підстилки або торфові горизонти поняття “обмінний Al^{3+} ” необхідно використовувати умовно, оскільки в їх речовинному складі переважають нерозкладені і слабозкладені рослинні залишки, в тому числі живий моховий очіс і залишки сфагнових мохів. Саме цей фітоматеріал є головним джерелом іонів Алюмінію (III), представленого алюмоорганічними комплексними іонами різної стійкості. Але найбільш міцно зв'язані з органічними лігандами йони Al^{3+} не витісняються в рідку фазу при

**ОСОБЛИВОСТІ КИСЛОТНО-ОСНОВНОЇ РІВНОВАГИ ПОХОВАНИХ
НИЗИННИХ ТОРФОВИЩ ПІД РІЗНИМИ ТИПАМИ РОСЛИННОСТІ**

обробці розчином KCl [35], який ми застосували у роботі. Необхідно врахувати, що переходу Al^{3+} в розчин солі перешкоджає також зменшення розчинності органічної речовини за умов кислого середовища [17, 32]. У той же час, за низьких значень pH і великий іонний силі розчину, розчинність деяких сполук Al, малорозчинних у воді, в розчині KCl може підвищуватися.

Таблиця 1

Параметри обмінної кислотності (ммоль (+)·кг⁻¹) та вміст (г·кг⁻¹) водорозчинних органічних речовин (EXBOP, EGBOP) за профілем похованого торфовища під деревною рослинністю (вільховий ліс); 0-15 – намул

Глибини, см	Обмінна кислотність	Обмінний Гідроген	Обмінний Алюміній	EXBOP	EGBOP
<u>0-5</u>	<u>30,0</u>	<u>11,0</u>	<u>19,0</u>	<u>1,0</u>	<u>7,5</u>
<u>6-10</u>	<u>91,0</u>	<u>6,0</u>	<u>85,0</u>	<u>0,6</u>	<u>2,1</u>
<u>11-15</u>	<u>75,0</u>	<u>7,0</u>	<u>68,0</u>	<u>0,8</u>	<u>4,5</u>
16-20	7,2	2,4	4,8	0,8	7,8
21-25	6,8	2,0	4,8	0,6	6,8
26-30	5,6	3,2	2,4	0,8	7,4
31-35	5,2	3,2	2,0	1,0	8,0
36-40	5,2	3,2	2,0	1,0	7,6
41-45	5,2	3,2	2,0	0,9	6,6
46-50	4,8	2,8	2,0	1,0	6,1

Оскільки, суттєве накопичення обмінного Алюмінію в наших дослідженнях спостерігалось тільки в сильнооглеєному намулі, воно, ймовірно, пов'язане з впливом комплексу ґрунтоутворювальних процесів: болотного (торфоутворення і оглеєння), заплавного і алювіального. Відомо, що при глеєутворенні відбувається руйнування первинних і вторинних мінералів, істотним змінам підлягають елементи зі змінною валентністю (Fe, Mn, S і N), утворюються високоактивні органічні сполуки з кислими властивостями. Ці сполуки і продукти руйнування та відновлення мінеральної частини ґрунту, вступаючи у взаємодію, утворюють складні органо-мінеральні комплекси, які можуть впливати на міграцію Алюмінію, Феруму, Мангану з оглеєних горизонтів [12]. При оглеєнні також спостерігається збільшення щільності будови, зменшення пористості і водопроникності за рахунок руйнування ґрунтової структури. За нашими даними, у шарі намулу (0-15 см) щільність його твердої фази (2,0-2,39 г/см³) наближається до параметрів мінеральних ґрунтів на території досліджень (2,52-2,58 г/см³), тоді як у нижче розташованих шарах торфовища зменшується до 1,35-1,60 г/см³. Збільшення щільності твердої фази намулу підтверджується його пилувато-мулуватим важкоглинистим гранулометричним складом.

Відомо також, що частина Алюмінію, винесеного з ґрунтів транселювальних позицій, осідає в поверхневому горизонті алювіальних ґрунтів, а інша (у складі алюмоорганічних сполук і мономерних аквагідроксокомплексів) потрапляє у гідросферу та зумовлює збільшення вмісту Алюмінію у природних водах [21]. За даними учасників експедиції «Дністер» [20] у поверхневих водах басейну р. Дністер більшість мікроелементів знаходяться у концентраціях кількох одиниць, рідше десятків мікрограмів на літр, і лише вміст Алюмінію, Феруму та Барію досягає кількох міліграмів на літр за ГДК – 0,5 мг/л. Зокрема, концентрації Алюмінію (мг/л), що перевищують ГДК, виявлені на досліджуваній території у воді допливу Дністра – р. Стривігор (0,72) та самому Дністрі, перед впадінням р. Стривігор (0,59).

Крім традиційного визначення $pH_{\text{вод.}}$ і pH_{KCl} , нами також досліджені pH 0,01 М CaCl_2 суспензій ґрунтів. Використання кальцій хлориду дозволяє мінімізувати вплив солей і сезонних коливань кислотності ґрунту і зменшує похибки, що виникають внаслідок суспензійного ефекту за рахунок зв'язування колоїдів. pH_{CaCl_2} зазвичай менше від pH водного на 0,5-1 одиницю [27, 31].

Як видно з рис. 1, профільні зміни ступеня кислотності CaCl_2 -суспензій ґрунту в загальному подібні до KCl -суспензій, а величина pH_{CaCl_2} є меншою на 0,12-0,36 од., причому, максимальна різниця встановлена у шарі 5-10 см за максимального вмісту обмінного Алюмінію. Останнє узгоджується з тим, що головне застосування pH_{KCl} , на думку американських дослідників [34], є перевірка на наявність у мінеральних ґрунтах обмінного Алюмінію, оскільки, абсолютне значення pH_{KCl} сильно корелює з його вмістом. Концентрованіший розчин 0,1 М KCl витісняє повніше йони гідроксонію (H_3O^+) та йони Алюмінію з ГВК, ніж 0,01 М CaCl_2 . Як правило, обмінний Алюміній наявний у ґрунті, коли pH 1 М KCl -суспензії становить 5,2 або менше; у разі $pH > 5,2$, Алюміній перестає бути обмінним, внаслідок гідролізу, полімеризації і осадження. Оскільки, 1 М KCl істотно змінює природне середовище ґрунту показник pH_{KCl} не є надійним індикатором родючості ґрунту та його екологічної якості, тому у світовій практиці ширше використовують кальцій-хлоридну суспензію.

Рейтер і співавт. [33] використовуючи дані з світової ґрунтової бази даних WISE, запропонували такі лінійні функції залежності pH_{CaCl_2} , $pH_{\text{H}_2\text{O}}$ і pH_{KCl} :

$$\begin{aligned} pH_{\text{CaCl}_2} &= 0,9761 \cdot pH_{\text{H}_2\text{O}} - 0,427 \quad (R^2 = 0.92, n=1997) \\ pH_{\text{CaCl}_2} &= 1,0572 \cdot pH_{\text{KCl}} + 0,123 \quad (R^2 = 0.90, n=377) \end{aligned}$$

Торфовище поховане під лучною рослинністю. Як і в розглянутому вище торфовищі, найбільші показники актуальної та обмінної кислотностей (рис. 2) характерні для намулу 0-5 см ($pH_{\text{вод.}} = 4,92-5,10$ од., а $pH_{\text{KCl}} = 4,01-4,45$ од.). Йому також властива найбільша обмінна кислотність ($27-79$ ммоль (+) $\cdot \text{кг}^{-1}$) зумовлена головню обмінним Алюмінієм, а також обмінним Гідрогеном. У поверхневому шарі намулу 0-5 см, як і в попередньо розглянутому торфовищі, вміст $\text{Al}_{\text{обм.}}$ є найменшим (порівняно до інших його шарів), що співпадає з меншим вмістом водорозчинної органічної речовини, як за холодного (ЕХВОР), так і гарячого (ЕГВОР) екстрагування (табл. 2).

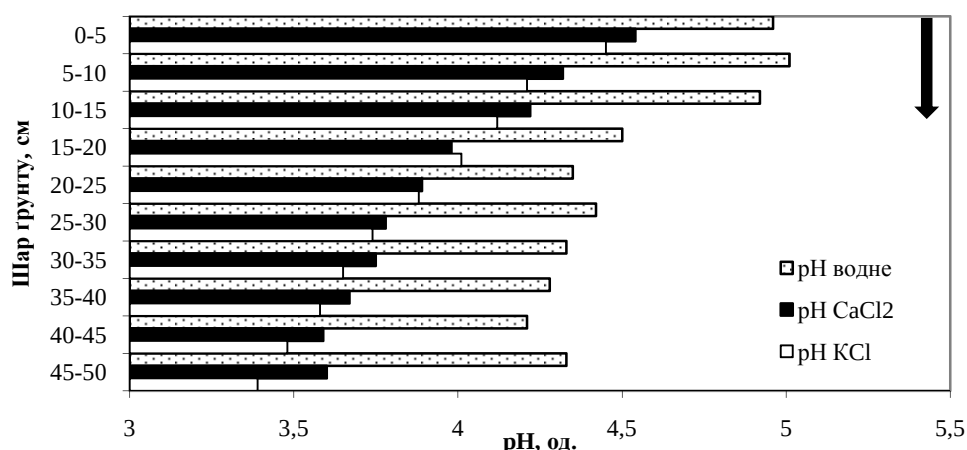


Рис. 2. Особливості профільних змін показників кислотності у торфовищах низинних похованих під лучною рослинністю; стрілкою позначена товщина намулу.

У зв'язку з внутрішньопрофільною диференціацією вмісту кислотних чинників (H^+ , Al^{3+}) необхідно звернути увагу на можливий вплив окисно-відновних умов у регулюванні КОР гідроморфних ґрунтів. Як вважає Зайдельман [12], глеєутворення в анаеробно-аеробному середовищі, на фоні застійно-промивного водного режиму, виявилось єдиною причиною різкого збільшення актуальної кислотності лесоподібного суглинку за умов модельного експерименту (на 1,5 одиниць pH), його гідролітичної кислотності (у 4 рази), обмінного Алюмінію (в 62 рази), SiO_2 (на 1,3%), Fe^{2+} (у 2,8 рази).

Як видно з рис.2, для шарів власне похованого торфу характерні менші значення показників актуальної і обмінної кислотностей, порівняно з намулом, причому спостерігається тенденція до збільшення ступеня кислотності з глибиною, особливо обмінної. Звертають увагу стрибкоподібні зменшення у добре розкладеному торфі (16-20 см) вмістів обмінного Алюмінію і Гідрогену : до 6,4 і 3,2 ммоль (+)·кг⁻¹ відповідно. На глибині 35-40 см вміст $Al_{обм.}$ знову збільшується до 29,2 з поступовим зменшенням до 11,2 ммоль (+)·кг⁻¹ у шарі 46-50 см. Другий максимум обмінної кислотності на глибині 36-40 см, що супроводжується накопиченням $Al_{обм.}$ і незначно обмінного H^+ , може бути пов'язаний з його вимиванням з намулу, оскільки алюмінієвий «шлейф» простежується вже у верхніх шарах торфу, де його вміст у 1,4-3,8 разів більший, ніж у торфовищі під вільховим лісом. Джерелом накопичення обмінних форм Алюмінію і Гідрогену у досліджуваному торфовищі під лучною рослинністю на глибині 36-40 см також можуть бути менш розкладені органічні рештки. Подібний характер профільного розподілу обмінного Алюмінію у гірсько-лучному ґрунті встановив І.В. Костенко: у поверхневому шарі Al містилося більше під лісом (штучні насадження сосни звичайної), а в нижній частині профілю – під лучною рослинністю [13]. Для торфу, порівняно з намулом, характерні також дещо більші показники вмісту EXBOP і EGBOP (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри обмінної кислотності (ммоль (+)·кг⁻¹) та вміст (г·кг⁻¹) водорозчинних органічних речовин за профілем торфовища похованого під лучною рослинністю; 0-15 – намул

Глибини, см	Обмінна кислотність	Обмінний Гідроген	Обмінний Алюміній	ЕХВОР	ЕГВОР
0-5	27,0	11,5	15,5	1,0	6,0
6-10	79,0	9,0	70,0	0,7	3,7
11-15	57,0	10,0	47,0	0,8	5,0
16-20	9,6	3,2	6,4	1,1	6,8
21-25	10,0	2,8	7,2	1,1	6,8
26-30	14,8	5,6	9,2	1,2	6,1
31-35	20,0	5,2	14,8	1,2	7,2
36-40	34,0	4,8	29,2	1,1	6,6
41-45	26,4	6,8	19,6	1,8	6,7
46-50	17,2	6,0	11,2	1,6	8,2

При оцінці профільних змін кислотно-основної рівноваги досліджуваних торфовищ, за умов впливу рослинного покриву, звертає увагу більша чутливість показників обмінної кислотності (за методом А.В. Соколова), порівняно з ступенями кислотності ($pH_{вод.}$ і pH_{KCl}). Порівнюючи стан кислотно-основної рівноваги похованих торфовищ під деревним і лучним ценозами, видно, що шар намулу під вільхою є менш кислим, ніж під лучною рослинністю, не дивлячись на те, що ця порода дерев вважається ацидификатором і повинна сприяти підкисленню ґрунту. Цей ефект також підтверджений дослідженнями Г. Долгової [10], де у процесі росту під рослинами вільхи чорної (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) та вільхи сірої (*Alnus incana* L.) зменшувалася кислотність ґрунту, причому, органічної речовини під вільхою чорною накопичувалося менше, а pH ґрунту був нижчим, ніж під вільхою сірою. Встановлено також, що з віком дерев вміст органічної речовини в ґрунті під вільхою чорною та вільхою сірою збільшувався відповідно в 1,5 і 2,0 рази, а pH – від 4,8 до 5,8 і 6,1 до 6,8 од.

Останнім часом [34], у ґрунтознавстві почали використовувати показник “дельта pH ”, за допомогою якого ми оцінили кількісні зміни ступенів кислотності (ΔpH) за профілем похованих торфовищ. Як видно з табл. 3, для намулу найбільші відхилення $pH_{вод.}$ і pH_{CaCl_2} виявлені у його поверхневому шарі 0-5 см, відповідно на 0,64 і 0,21 од. Особливо чутливими до впливу рослинного покриву, за винятком верхнього шару, є органогенна частина похованих торфовищ, де зсув pH вод. коливався в межах 0,71-1,04. Різниці pH_{CaCl_2} і pH_{KCl} поступово збільшувалися з глибиною від 0,17 до 0,86 од. і 0,04 до 1,05 од. За характером цих змін можна стверджувати, що активний пул Гідрогену чутливіше реагує на специфіку рослинного покриву, ніж увібрані пули кислотоутворювачів (H^+ і Al^{3+}).

Таблиця 3

Зсув ступенів кислотності (ΔpH) водних і сольових суспензій ґрунту похованих торфовищ під вільховим лісом, порівняно з сінокосом; 0-15 см – намул

Глибини, см	ΔpH_{H_2O}	ΔpH_{CaCl_2}	ΔpH_{KCl}
0-5	0,64	0,21	0,06
6-10	0,06	0,18	0,13
11-15	0,18	0,02	0,15
16-20	0,71	0,17	0,04
21-25	0,92	0,41	0,15
26-30	0,81	0,54	0,45
31-35	0,97	0,56	0,38
36-40	0,91	0,65	0,57
41-45	1,04	0,84	0,84
46-50	0,81	0,86	1,05

Звертає увагу, особливо стійкість до досліджуваних змін верхнього шару 16-25 см добре розкладеного торфу, який безпосередньо контактує з намулом, де практично не виявлено змін pH сольових суспензій, або вони були мінімальними. В цілому, зміни кислотності намулу були менш вираженими, ніж торфової маси, що свідчить про його сильнішу буферність до підкислення.

Більші значення pH поверхневого шару намулу під вільховим лісом також можуть бути зумовлені нейтралізацією іонів Гідрогену гідроксидними групами новоутворених мономерів целюлози і гідрогенкарбонат-йонами (HCO_3^-), які утворюються при мінералізації опаду вільхи, що добре розкладається [4].

Для розробки експрес-оцінки здатності ґрунту вбирати протони і йони Al^{3+} з ґрунтового розчину, за даними концентрацій активного ($C_{АПГ}$) і обмінного ($C_{ОПГ}$) пулів Гідрогену – значень антилогарифмів відповідно pH_{H_2O} і pH_{KCl} , розраховані коефіцієнти сорбції (K_s) кислотоутворювачів як співвідношення $C_{ОПГ}/C_{АПГ}$. Чим більші значення K_s , тим краще тверда фаза ґрунту здатна вбирати $H^+ + Al^{3+}$ [5].

Як видно з рис. 3, для торфовищ під вільховим лісом характерні набагато вищі значення коефіцієнта K_s , що свідчить про значно сильнішу сорбційну (буферну) здатність їх твердої фази, ніж під трав'янистою рослинністю. Ця висока H^+ -вбирна здатність є однією з причин меншої актуальної кислотності торфовищ під деревною рослинністю.

ВИСНОВКИ

1. У профілі 0-50 см торфовищ похованих максимальні вмісти обмінних форм Гідрогену і Алюмінію виявлено у намулі – 11,0-11,5 і 70-85 ммоль (+)·кг⁻¹, які стрибкоподібно зменшуються до 2,4-3,2 і 4,8-6,4 ммоль (+)·кг⁻¹ у верхньому 16-20 см шарі похованого торфу.

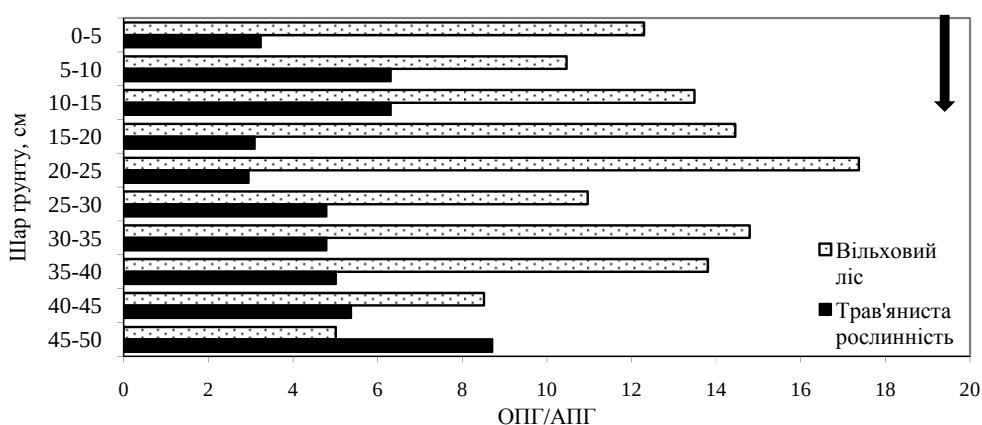


Рис. 3. Профільні зміни коефіцієнта K_c у торфовищах низинних похованих під різними типами рослинності.

2. КОР органогенної частини ґрунту, порівняно з намулом, є чутливішою до впливу фітогенного чинника, що проявляється, в першу чергу, у зміні $pH_{вод.}$ і pH_{CaCl_2} , а також накопиченні обмінного Алюмінію у торфі на глибинах нижче 30-35 см під лучною рослинністю.

3. При оцінці профільних змін кислотно-основної рівноваги алювіальних ґрунтів більша чутливість характерна для показників обмінної кислотності, порівняно з ступенями кислотності ($pH_{вод.}$ і pH_{KCl}).

4. Запропонований експрес-критерій оцінки вбирної здатності ґрунту щодо кислотоутворювачів як співвідношення їх обмінного і активного пулів.

Список літератури

1. Авдонькин А. А. Потенциальная кислотность почв, зависимость от pH: дисс. ... кандидата биологических наук : 03.00.27 / Авдонькин А. А. – М., 2005. – 121 с.
2. Амелянчик О. А. Кислотные компоненты водных и солевых вытяжек из подзолистых почв / О. А. Амелянчик, Л. А. Воробьева // Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 289-300.
3. Бакина Л. Г. Влияние известкования на содержание, состав и свойства гумуса дерново-подзолистых глинистых почв: дисс. ... кандидата с.-х. наук / Бакина Л. Г. – Ленинград-Пушкин, 1987. – 230 с.
4. Бамбалов Н. Н. Содержание лигнина в целинных и окультуренных торфяных почвах белорусского полесья / Н. Н. Бамбалов // Почвоведение. – 2007. – № 11. – С. 1316-1322.
5. Бедернічек Т. Ю., Партика Т.В., Гамкало З.Г. Кількісні зміни ґрунтового пулу гідрогену в процесі знеліснення / Т. Ю. Бедернічек, Т. В. Партика, З. Г. Гамкало // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2009. – Вип. 14, № 2. – С. 44-54.
6. Гамкало З. Г. Теоретико-методологічний аналіз процесу підкислення педосфери: причини і наслідки / З. Г. Гамкало, М. З. Гамкало // 36. наук. праць міжн. конф. "Генеза, геогр. та екологія ґрунтів". – Львів: ЛНУ, 2008. – С. 144-159.
7. Гамкало З. Г. Функціональна роль зв'язування йонів кислотоутворювачів твердою фазою ґрунту. Теор.-методологічні аспекти / З. Г. Гамкало // Вісник ХНАУ. – 2003. – № 1. – С. 96-101.
8. Гоголев И. Н. Бурые горно-лесные почвы Советских Карпат: автореф. дисс. на соискание уч. степени доктора с.-х. наук / И. Н. Гоголев. – М., 1965. – 39 с.

9. Гришина Л. А. Влияние кислотных осадков на свойства почв лесных экосистем южной тайги / Л. А. Гришина, Т. А. Баранова // Почвоведение. – 1990. – № 10. – С. 121-136.
10. Долгова Л. Н. Почвоулучшающая роль и семеноводство ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) и ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench.) в Республике Марий Эл: автореф. дисс. на соискание уч. степени кандид. с.-х. наук : спец. 06.03.01 «Лесные культуры, селекция, семеноводство» / Л. Н. Долгова. – С.-Петербург, 2003. – 150 с.
11. Ермакова О. Д. Влияние закисления ландшафтов на состояние биологической активности бурозёмов Байкальского заповедника / О. Д. Ермакова // Материалы исследований природных комплексов Южного Прибайкалья: Труды Государственного природного биосферного заповедника «Байкальский». – Улан-Удэ, 2000. – С. 52-64.
12. Зайдельман Ф. Р. Формы кислотного гидролиза и глееобразования и их роль в возникновении светлых кислых элювиальных (подзолистых) горизонтов / Ф. Р. Зайдельман // Почвоведение. – 2010. – № 4. – С. 387-398.
13. Костенко І. В. Потенційна кислотність ґрунтів Гірського Криму та її зв'язок з іншими ґрунтовими показниками / І. В. Костенко // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Харків, 2010. – Вип. 73. – С. 51-57.
14. Лаптева Е. М. Влияние степени гидроморфизма на содержание подвижных форм железа в болотно-подзолистых почвах / Е. М. Лаптева, Н. В. Грищенко, Ж. Н. Козачок // Структурно-функциональная организация почв и почвенного покрова Европейского Северо-Востока / Ф. Зайдельман, И. Забоева. – СПб.: Наука, 2001. – С. 85-91.
15. Лукомская К. А. Влияние техногенного загрязнения химкомбината НПО «Азот» на интенсивность дыхания дерново-подзолистой почвы лесной экосистемы / К. А. Лукомская // Экологические проблемы охраны живой природы: тез. докл. всесоюз. конф. – М., 1990. – Ч. 2. – С. 137-138.
16. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия, 1989. – 447 с.
17. Макаров М. И. Влияние кислотных осадков на подвижность органического вещества в лесных почвах / М. И. Макаров, Н. П. Недбаев // Почвоведение. – 1994. – № 8. – С. 111-118.
18. Михайлюк В. І. Ґрунти долин річок північно-західного Причорномор'я: екологія, генеза, систематика, властивості, проблеми використання: монографія / В. І. Михайлюк. – Одеса: Астропринт, 2001. – 340 с.
19. Соколова Т. А. Взаимодействие лесных суглинистых подзолистых почв с модельными кислыми осадками и кислотнo-основная буферность подзолистых почв / Т. А. Соколова, Т. Я. Дронова, И. И. Толпешта, С. Е. Иванова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – 208 с.
20. Спринський М. Гідрохімічна та літохімічна характеристика басейну Дністра та Дністровського водосховища [Електронний ресурс] / М. Спринський, М. Балучинська, М. Пелипець. Режим доступу: dnistrove.narod.ru/Eko/DDHydroChem1.doc
21. Толпешта И. И. Подвижные соединения алюминия в почвах ненарушенных экосистем Южной тайги : автореф. дисс. на соискание уч. степени док. биол. наук : спец. 03.02.13 «Почвоведение» / И. И. Толпешта. – Москва, 2010. – 52 с.
22. Шамрикова Е. В. Идентификация буферных реакций, протекающих при титровании целинных и пахотных почв кислотой и основанием / Е. В. Шамрикова, Т. А. Соколова, И. В. Забоева // Почвоведение. – 2002. – № 4. – С. 412-423.
23. Шамрикова Е. В. Кислотноосновная буферность органогенных горизонтов подзолистых и болотноподзолистых почв Республики Коми / Е. В. Шамрикова, Т. А. Соколова, И. В. Забоева // Почвоведение. – 2003. – № 7. – С. 714-723.
24. Fox T. R. Low-molecular-weight organic acid in selected forest soils of the Southeastern USA / T. R. Fox, N. B. Comerford // Soil Sci. Soc. Am.J. – 1990. – Vol. 54, No 4. – P. 1139-1143.
25. Gerke J. Aluminium complexation by humic substances and aluminium species in the soil solution / J. Gerke // Geoderma. – 1994. – Vol. 63. – P. 165-175.
26. Ghani A. Hot-water extractable C in soils: A sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation / A. Ghani, M. Dexter, K. W. Perrot // Soil Biol. Biochem. – 2003. – No 35. – P. 1231-1243.
27. Kissel E. D. Salt concentration and measurement of soil pH / E. D. Kissel, L. Sonon, P. F. Vendrell, R. A. Isaac // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2009. – Vol. 40. – P. 179-187.

28. Kulig L. Wpływ zbiorowisk olszy szarej na glebę terenów porolnych w Karpatach / L. Kulig, Z. Rygiel, M. Hohenauer // Sylwan. – 1974. – Vol. 2. – S.52-57.
29. Labetowicz J. Skład chemiczny roztworu glebowego w zroznicowanych warunkach glebowych i nawozowych / J. Labetowicz. – Warszawa: Fundacja “Rozwoj SGGW”, 1995. – 103 p.
30. Mitchell M. J. Nutrient cycling in Huntington Forest and Turkey Lakes deciduous stands: nitrogen and sulfur / M. J. Mitchell, N. W. Foster, J. P. Shepard, I. K. Morrison // Can. J. For. Res. – 1992. – Vol. 22. – P. 457-464.
31. Nilsson S. I. A horizontal standard for pH measurements – The influence on pH measurements of sample pretreatment, ionic composition / ionic strength of the extractant and centrifugation / filtration / S. I. Nilsson, L. Johnsson, P. Jennische. – Uppsala, 2005. – 10 p.
32. Rampazzo N. Changes in chemistry and mineralogy of forest soil by acid rain / N. Rampazzo, E. H. Winteried // Water, Air, and Soil Pollution. – 1992. – Vol. 61. – P. 209-220.
33. Reuter H. I. Continental-scale digital soil mapping using European soil profile data: Soil pH / H. I. Reuter, L. R. Lado, T. Hengl, L. Montanarella // Hamburger Beiträge zur Physischen Geographie und Landschaftsökologie Heft. – 2008. – Vol. 19. – P. 91-102.
34. Soil Survey Technical Note No. 8. Use of Reaction (pH) in Soil Taxonomy, Available at: <http://soils.usda.gov/technical/technotes/>
35. Thomas G. W. The chemistry of soil acidity / G. W. Thomas, W. L. Hargrove // Soil acidity and Liming. 2nd ed. / F. Adams. – Madison, 1984. – P. 3-56.
36. Van Breemen N. Acidification and alkalization of soils / N. van Breemen, J. Mulder, C. T. Driscoll // Plant and Soil. – 1983. – Vol. 7. – P. 283-308.
37. Van Miegroet H. Influence of nitrogen-fixing alder on acidification and cation leaching in a forest soil / H. van Miegroet, D. W. Cole // Forest Site Evaluation and Long-term Productivity / D. W. Cole, S. P. Gessel. – Seattle, 1989. – P. 113-124.

Партыка Т. В. Особенности кислотно-основного равновесия погребенных низинных торфяников под разными типами растительности / Т. В. Партыка, З. Г. Гамкало // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: География. – 2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 68–80.

Исследованы особенности кислотно-основного равновесия (КОР) погребенных торфяников под древесным (ольховый лес) и луговым ценозами. В профиле 0-50 см максимальное содержание обменных форм алюминия обнаружено в наилке – 70-85 ммоль (+) • кг⁻¹, которое скачкообразно уменьшается до 4,8-6,4 ммоль (+) • кг⁻¹ в верхнем 16-20 см слое торфа. КОР органогенной части почвы является более чувствительным к воздействию фитогенного фактора, по сравнению с наилком.

Ключевые слова: погребенные торфяники, наилок, кислотно-основное равновесие, актуальная кислотность, потенциальная кислотность, обменный Алюминий

Partyka T. V. Acid-base balance peculiarities of buried peat soils under different types of vegetation / T. V. Partyka, Z. H. Hamkalo // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series : Geography. – 2013 – Vol. 26 (65), No. 2. – P. 68–80.

The acid-base balance (ABB) characteristics of buried peats under forest (alder forest) and meadow cenosis were investigated. In 0-50 cm soil profile maximum content of exchangeable aluminum found in silt deposits – 70-85 mmol (+) • kg⁻¹, further it abruptly drops to 4,8-6,4 mmol (+) • kg⁻¹ in the top 16-20 cm peat layer. ABB of organogenic soil part is more sensitive to the effects of phytogenous factor, compared to silt deposits.

Keywords: buried peat, silt deposits, acid-base balance, active acidity, potential acidity, exchangeable aluminium.

Поступила в редакцию 03.04.2013 г.