

3. Водний Кодекс України. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>.
4. Кулініч П.Ф. Правовий режим земель водного фонду / П.Ф. Кулініч // Земельне право України. – 2008. – № 5-6. – С. 19-30.
5. Носік В.В. Два кодекси мої / В.В. Носік // Вісник прокуратури. – 2001. – № 1 (7). – С. 32-36.
6. Мірошніченко А.М. Науково-практичний коментар Земельного кодексу України / А.М. Мірошніченко, Р.І. Марусенко. – К.: Вид-во "Правова єдність", 2009. – 169 с. – С. 422-423.
7. Науково-практичний коментар / за заг. ред. В.І. Семчика. – Вид. 3-тє, [перероб. та доп.]. – К.: Вид. дім "Ін Юре", 2007. – 754 с.
8. Потапчук І.М. Прибережна смуга морів як елемент правової охорони морів в Україні / І.М. Потапчук // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – Сер.: Юридичні науки. – К.: Вид-во КНУ ім. Тараса Шевченка. – 2005. – № 65-66. – С. 100-102.
9. Статистичний зб. Закарпатської області. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.uz.ukrstat.gov.ua/catalog/catalog-2012.pdf>.
10. Черноус О. Правовий режим водоохоронних зон / О. Черноус // Юридичний журнал. – 2008. – № 7-8. – С. 102-106.

**Пересоляк В.Ю., Малахова С.О. Особенности установления прибрежных защитных полос малых рек и ручьев в населенных пунктах (на примере Закарпатской области)**

Рассмотрены особенности и порядок установления прибрежных защитных полос малых рек и ручьев в населенных пунктах Закарпатской области на основе градостроительной документации. Предложено на основе градостроительной документации устанавливать прибрежные защитные полосы в административно-территориальном образовании – село, что позволит повысить управление земельными ресурсами органами местного самоуправления.

**Ключевые слова:** прибрежная защитная полоса, градостроительная документация, административно-территориальное образование – село.

**Peresoljak V. Yu., Malakhova S.O. Features of establishment of off-shore defences zonal of the small rivers and brooks are in settlements (on the example of the Zakarpattia region)**

Features and order of establishment of off – shore defences zonal of the small rivers and brooks are considered in the settlements of the Transcarpathian area on the basis of town -planning documentation. It offers on the basis of town – planning documentation to set off – shore defences zonal in administratively territorial education – sat down, what a management will allow to promote by the landed resources by the organs of local self – government.

**Keywords:** are off – shore defence zonal, town – planning documentation, administratively territory.

УДК 631.[417.1+433.3]

*Наук. співроб. І.В. Шум –*

*Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ;*

*наук. співроб. Т.Ю. Бедернічек, канд. с.-г. наук –*

*Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, м. Київ*

**ЕКОЛОГІЧНА ЯКІСТЬ ҐРУНТУ: КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ**

Проаналізовано сучасні підходи до оцінювання якості ґрунту. Розглянуто основні її критерії, серед яких: кислотність, питома електропровідність, вміст лабільної органічної речовини. Останній показник пропонуємо визначати за вмістом легкоокиснюваних органічних сполук, які окиснюються нейтральним розчином перманганату калію. Також обґрунтовано доцільність визначення стабільності та екологічної ємності органічної речовини ґрунту за співвідношенням оптичної щільності екстрактів органічних сполук у водних розчинах NaOH і NaF.

**Ключові слова:** кислотність, питома електропровідність, лабільна органічна речовина ґрунту, екологічна ємність ґрунту.

**Вступ.** За даними В.А. Ковди [8], щороку у світі незворотні втрати орних ґрунтів становлять 6-7 млн га. В Україні щорічні втрати гумусу сягають 0,5 т/га ріллі [10]. Ці дані свідчать про значні темпи деградації ґрунтів і потребують застосування сучасних методів досліджень для індикації порушень на ранніх стадіях та пошуку шляхів протидії впливу негативного чинника чи ремедіації порушених компонентів. Проте ґрунт є надто складним об'єктом дослідження, щоб можна було дослідити у комплексі всі його властивості. Тому, для проведення експрес-діагностики стану ґрунту використовують певний обмежений перелік показників, які є основними індикаторами його екологічної якості або, як кажуть американські дослідники, "здоров'я ґрунту" [13].

Трьома найважливішими показниками, які використовують для експрес-діагностики стану ґрунту, є його кислотність (рН), електропровідність та вміст лабільної органічної речовини [6]. Крім того, для оцінки екологічної якості ґрунту доцільно також використовувати такий показник як екологічна ємність чи екопротекторна здатність, який розраховують за L. Hargitai [23].

**Кислотність.** За даними продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), лише 1/10 всіх ґрунтів планети характеризуються сприятливими кислотно-основними умовами для вирощування основних сільськогосподарських культур [17]. При цьому, більше, ніж третині ґрунтів світу властиві різні форми "кислотного стресу", пов'язані із змінами властивих природним ґрунтам актуальної та обмінної кислотностей [14].

Підкислення педосфери є однією із глобальних екологічних проблем. Щоправда, більшість вчених схиляється до думки, що вона є природного, а не антропогенного походження. Зокрема, M.J. Mitchell et al. [32] зазначають, що навіть незначні зміни у природних біогеохімічних циклах мають значно сильніший вплив на кислотно-основну рівновагу ґрунтів і поверхневих вод, ніж кислотні опади.

Проте, останнім часом темпи підкислення педосфери, як і біосфери в загалом, зросли. Оскільки достовірний зв'язок між кислотністю опадів та змінами рН різних компонентів довкілля вдається встановити нечасто, доцільно порівняти кислотно-основні властивості ґрунтів за різного антропогенного навантаження. Для прикладу, розглянемо ґрунти агемеробної екосистеми – закарпатського букового пралісу, які не зазнавали жодного антропогенного впливу. За даними А. Zlatník [40], кислотність приповерхневого шару ґрунту 0-10 см у буроземах пралісів була у діапазоні 4,5-4,8 одиниць, а в межах окремих парцел сягала 3,4 одиниці рН. K.W.T. Goulding і L. Blake [21] досліджували зміни кислотності ґрунтів на сіяних луках Ротамстедської дослідної станції (Великобританія). Унікальність проведених досліджень полягає в тому, що проаналізовано дані, починаючи з 1856 р. – з моменту створення стаціонару в Ротамстеді. З'ясовано, що довготривале застосування засобів удобрення на прикладі сульфату амонію в дозах 48 і 144 кг N·га<sup>-1</sup> призводить до збільшення кислотності водної витяжки. Порівняно із контролем (варіант без удобрення) спостерігаємо такі зміни: у 1876 р. – 4,4 проти 5,3; у 1923 р. – 3,8 проти 4,8; у 1959 р. – 3,6 проти 4,0; 1973 р. – 3,7 проти 4,1; у 1975 р. – 3,3 проти 3,6 одиниць рН. Крім наведеного висновку, з цих даних

можна зробити ще один – прослідковується поступове підкислення не лише дослідного, але і контрольного варіанта.

Головним джерелом йонів Гідрогену, які й спричиняють кислу реакцію середовища, є рослини. У процесі життєдіяльності вони обмінюють їх на еквівалентні кількості йонів біофільних елементів:  $\text{Ca}^{2+}$  на  $2\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$  на  $\text{H}^+$  тощо. Так виглядає катіонний тип живлення рослин. Він властивий більшості дерев. Натомість, трав'яні рослини характеризуються змішаним – катіонно-аніонним типом живлення. Крім  $\text{H}^+$ , вони активно виділяють у середовище  $\text{OH}^-$  та  $\text{HCO}_3^-$ . Цей механізм ґрунтується на необхідності підтримання певного електричного потенціалу на мембранах клітин коренів, що забезпечуватиме їх захист від електричного пошкодження [6]. Описаний феномен має назву "трофічне підкислення" – зміщення кислотно-основної рівноваги ґрунту в бік кислої реакції і є критерієм інтегральної оцінки стану ґрунту. Саме тому кількісна оцінка активної (рН водної витяжки) та обмінної (рН сольової витяжки) кислотності ґрунту є необхідною умовою для з'ясування едафічного комфорту та екологічної якості ґрунту загалом.

**Електропровідність.** Наступним високоінформативним індикатором стану едафотопу є величина питомої електропровідності. Вона є інтегральним показником і тісно корелює із багатьма властивостями ґрунту, що істотно впливають на його родючість та екосистемні функції [1, 2]. Питома електропровідність тісно пов'язана з вологістю, сумою обмінних основ, текстурою, кількістю та якістю органічної речовини ґрунту та багатьма іншими властивостями ґрунту [22]. Оскільки електропровідність мінералів та гірських порід є незначною, їх цілком можна віднести до діелектриків [3, 4]. Тому основними носіями зарядів у ґрунті є йони (зокрема і протони) та, частково, електрони і ґрунтові колоїди.

Сільськогосподарське використання ґрунтів призводить до порушення співвідношення процесів іммобілізації і мінералізації ОРГ. Тому необхідно контролювати йонний статус ґрунту, адже посилена мінералізація органічних сполук спричиняє додаткове надходження у ґрунтове середовище мінеральних речовин у йонній формі ( $\text{H}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  тощо). Водночас, аналізуючи електропровідність водно-ґрунтових суспензій, потрібно також брати до уваги той факт, що органічна речовина ґрунту складається з великої кількості макромолекулярних структур, що містять як ароматичні, так і аліфатичні (ациклічні й аліциклічні) функціональні групи. Тому ОРГ є потужним джерелом не лише йонів (зокрема, протонів), але й електронів [1, 4].

За даними З. Гамкала [3], у ґрунтах агроценозів: старосіяних травостанів і польових сівозмін прослідковується достовірний прямий зв'язок між величиною питомої електропровідності та розміром лабільного пулу органічної речовини ґрунту.

Важливість питомої електропровідності для оцінки екологічної якості ґрунту є значною. Прикладом може бути створення карт електропровідності, на основі яких розробляють норми поливу, внесення мінеральних та органічних добрив і навіть пестицидів [34]. Варто зазначити, що існують як польові, так і лабораторні методи визначення питомої електропровідності ґрунту. Перші передбачають використання спеціального нависного обладнання, що дає змогу проводити визначення цього показника безпосередньо в полі з прив'язкою до конкретної точки, адже пристрої обладнані GPS-приймачами і побудова карти електропровідності виконується в режимі реального часу. Проте отримана інформація є головною характеристикою вологості

ґрунту. Натомість проведення лабораторних кондуктометричних досліджень передбачає приготування водно-ґрунтових суспензій. За цих умов повністю нівелюється фактор вологості і стає можливим оцінити, власне, йонний статус ґрунту.

Варто зазначити, що сільськогосподарське виробництво пов'язане із зміною структурно-функціональної цілісності системи *ґрунт – рослина*. За таких умов "можлива низхідна міграція аніонів біофільних елементів та водорозчинних метало-органічних комплексів у позакореневу зону, що є екологічно небажаним, оскільки сприятиме евтрофікації природних вод. Саме вимірювання електропровідності ґрунтових суспензій за профілем ґрунту... дасть змогу простежити за трансформуванням архітектоники його йонного статусу і особливостями формування набутої якості ґрунту" [4, с. 85].

**Вміст лабільної органічної речовини.** Органічна речовина ґрунту є високодинамічним гетерогенним комплексом органічних сполук, що перебувають на різних стадіях гуміфікації. Наймолодші з них ще не зазнали глибокої трансформації і представлені різноманітними сахарами, полісахаридами, амінокислотами, ферментами тощо – тобто тими сполуками, що містяться у складі органічної речовини ґрунту, але власне "гумусом" їх назвати не можна. Сукупність цих сполук утворює лабільний пул органічної речовини ґрунту і виступає його енергопластичним буфером [5], який відіграє провідну роль у циклах біофільних елементів і, насамперед, Карбону й Нітрогену [11].

Пошук нових та вдосконалення існуючих способів оцінки вмісту лабільних фракцій органічної речовини ґрунту є одним із пріоритетних напрямів розвитку сільськогосподарської екології та екологічного ґрунтознавства [38; 29; 19; 20]. Саме лабільні фракції є найближчим джерелом біофільних елементів та енергії для рослин та мікроорганізмів. Крім того, всі лабільні сполуки є легкоокиснюваними, тому інтенсивно мінералізуються та поповнюють атмосферний резервуар Карбону у вигляді парникових газів –  $\text{CO}_2$  та  $\text{CO}$ .

Одним із найперспективніших способів оцінки вмісту лабільних (легкоокиснюваних) сполук у ґрунті є хемодеструкція з використанням як окисника перманганату калію. Використання традиційних методів хемодеструкції пов'язане із застосуванням дорогих і небезпечних для здоров'я людей та довкілля реактивів, серед яких: дихромат калію, сульфатна кислота, хлорати і перхлорати. Натомість, перманганат калію позбавлений цих недоліків. Як зазначають P.W. Moody et al. [33], "дружність до довкілля" та низька токсичність для людини сприяють широкому використанню цього хімічного агента у лабораторній практиці.

Перманганат калію – це сіль, яка складається з іонів  $\text{K}^+$  і  $\text{MnO}_4^-$ . Її водний розчин характеризується інтенсивним фіолетовим забарвленням. Якщо його випарити – утворюються дрібні призматичні темно-фіолетові кристали з вираженим металевим блиском [18; 7]. Варто зазначити, що окиснювальна здатність перманганату калію (його водного розчину) істотно залежить від кислотно-основних умов і визначається рН реакційної суміші. За даними G.H. Blair [15], залежно від рН,  $\text{KMnO}_4$  окиснює різні сполуки, оскільки відновлюється до сполук Мангану різного ступеню окиснення: до  $\text{Mn}^{2+}$  у кислому,  $\text{MnO}_2$  – в нейтральному і слабколужному і до  $\text{MnO}_4^{2-}$  – у сильнолужному середовищі.

G. Stanford [35] оцінив інформативність перманганатного окиснення для виділення, власне, лабільної органічної речовини і дійшов висновку про те, що

слід використовувати лише нейтральний або слабколужний розчин. На його думку, підкислення реакційної суміші призводить до того, що перманганат калію починає окиснювати не лише лабільні сполуки, але й інші – стабільні компоненти, такі як лігнін, лігноцелюлоза тощо. W. Loginow et al. [30] також дійшли подібних висновків. Вони встановили, що водний розчин  $\text{KMnO}_4$  за нейтральної реакції здатен окислювати прості вуглеводи, аміни, аміноцукри та амінокислоти, а також інші органічні сполуки, які містять гідроксильні або карбонільні групи.

Відповідно до сучасних уявлень про залежність окиснювальної деструкції перманганату калію від ступеня кислотності, вважають, що за нейтральної реакції середовища, у розчині міститься тільки  $\text{MnO}_2$ , який, власне, і призводить до формування насиченого темно-фіолетового кольору [7].

У агроєкологічних дослідженнях традиційно використовують 0,333 М  $\text{KMnO}_4$ . Доцільність саме такої концентрації була теоретично обґрунтована та практично доведена G.H. Blair et al. [15; 16]. На підставі численних досліджень якості органічної речовини ґрунтів Австралії, вони дійшли висновку, що така концентрація окисника забезпечує максимальну інформативність. Натомість, деякі автори вважають за необхідне істотно – на порядок її зменшити. Так, R.D.V. Lefroy et al. [28] дійшли висновку, що використання 0,033 М  $\text{KMnO}_4$  є більш доцільним, адже зростає інформативність отриманих значень в контексті оцінки функціональних пулів Карбону у складі органічної речовини ґрунту.

Також варто зазначити, що деякі вчені критично оцінюють перспективу використання перманганату калію для виділення суто лабільних органічних сполук. Так, A. Tirol-Padre і J.K. Ladha [37] звертають увагу, що інколи до 27 % від валового вмісту Карбону може бути окиснено нейтральним водним розчином перманганату калію. Цей факт, на їхню думку, свідчить про низьку селективність методу – вони висловлюють сумніви, що відносний вміст лабільних органічних речовин у ґрунтів може бути таким значним. Проте, як показують дослідження З.Г. Гамкала [6], – величина лабільного пулу ОРГ може сягати 50 % від валового вмісту  $C_{\text{орг}}$ , тому аргументи згаданих авторів нам видаються непереконливими.

У наших роботах ми використовуємо методику оцінки вмісту легкоокиснюваних органічних речовин, запропоновану R.W. Weil et al. [39]. Вона передбачає застосування 0,02 М  $\text{KMnO}_4$  в 0,1 М  $\text{CaCl}_2$ . Процитовані автори називають отриманий показник "хімічно активний Карбон". Вони вважають, що зменшення концентрації окисника забезпечило істотне покращення селективності хемодеструктивного фракціонування ОРГ. Важливою перевагою цього методу є також проведення досліджень в розчині хлориду кальцію. Відомо, що більшість ґрунтових колоїдів несуть негативний заряд. З огляду на це, йони Кальцію їх ефективно зв'язують і забезпечують ефективне освітлення розчину впродовж 5-10 хв. Отриманий надосадовий (супернатантний) розчин через такий короткий проміжок часу вже стає придатним для спектрофотометричних досліджень. Цю методику широко використовують у сучасних агроєкологічних дослідженнях у провідних країнах світу, серед яких США, Японія та Австралія [31].

**Екологічна ємність ґрунту.** Стале використання агроєкосистем є неможливим без забезпечення бездефіцитного балансу органічної речовини ґрунту. Але, насамперед, варто знайти надійні критерії оцінювання стану цього біокосного тіла, на основі яких можна було б приймати вмотивовані управлінські рішення. Так,

О.І. Пилипенко та ін. [9] пропонують використовувати з цією метою показник "сумарне інтегральне ґрунтопокращення", який розраховують за бальним принципом, беручи до уваги різні фізичні, хімічні та фізико-хімічні властивості ґрунту. Проте подібні підходи пов'язані із значними неточностями, спричиненими похибками кожного з методів визначення. Також проведення розрахунку для товщі ґрунту потужністю 100 см нівелює стратифікацію ґрунту на генетичні горизонти.

Цих недоліків позбавлений сучасний підхід до оцінки якості органічної речовини ґрунту, запропонований видатним угорським хіміком L. Hargitai [23]. Він базується на визначенні коефіцієнта стабільності органічної речовини ґрунту – К, що розраховується за співвідношенням екстинкцій органічних речовин, розчинних у водних розчинах  $\text{NaF}$  і  $\text{NaOH}$ . Встановлено, що найменші значення К характерні для детриту і змінюються від 0,001 до 0,01. Натомість, зі зростанням ступеня гуміфікації, значення коефіцієнта стабільності органічної речовини ґрунту різко збільшуються та можуть сягати 10 в гумусових горизонтах цілинних чорноземів [24; 25]. Стабільність органічної речовини ґрунту є важливим параметром, який прямо чи опосередковано впливає на широкий спектр екологічних функцій ґрунту. Це, зокрема, його здатності утримувати воду (гідрофільність) та іммобілізувати (зв'язувати) різноманітні ксенобіотики, тобто його екологічна або екопротекторна роль. Цьому питанню надають особливої уваги, оскільки формування різних органічно-мінеральних комплексів є основою ґрунтоутворення і функціонування педосфери, основним механізмом забезпечення її екологічного комфорту.

Мобільність мікроелементів і ксенобіотиків у агроєкосистемах лімітується здатністю ґрунту зв'язувати токсичні для біологічних систем елементи та сполуки. Зокрема, Pb, Ni, Cd та Hg є органічними елементами та здатні утворювати стійкі комплекси з гумусовими речовинами.

Ризики нагромадження та міграції токсикантів у межах екосистеми характеризуються екологічною ємністю ґрунту, як інтегральним показником, що включає кількісні (валовий вміст Карбону органічних сполук, потужність досліджуваного шару чи горизонту) та якісні (індекс стабільності) параметри органічної речовини ґрунту.

L. Szabó і K. Tóth-Surányi [36] проаналізували зміни значення загальної екологічної ємності залежно від ступеня еродованості території для більшості ґрунтів Угорщини. На основі їх досвіду були зроблені численні карти ерозійної та екологічної небезпеки, які широко застосовують для прийняття управлінських рішень. Крім цього, підхід L. Hargitai використовують в Чехії [26], Литві [27] та інших країнах Європи.

Крім загальної, важливим індикатором стану ґрунту є його спеціальна екологічна ємність. За даними L. Hargitai [24], встановлено залежність коефіцієнта якості органічної речовини ґрунту (К) та співвідношення C: N: збільшення якості (вмісту ароматичних компонентів) органічної речовини ґрунту супроводжується зменшенням співвідношення Карбону до Нітрогену.

Значення екологічної ємності ґрунту дає змогу об'єктивно оцінити стан цього біокосного тіла для формування екологічно безпечних агроєкосистем. Ми вперше в Україні [12] апробували цей показник для оцінки впливу полезахисних лісових смуг на ґрунт в умовах Центрального Правобережного Лісостепу.

Із описаних у цьому дослідженні показників екологічної якості ґрунту широкого застосування на теренах колишнього СРСР набув лише один – кислотність ґрунту. Решта показників (електропровідність, вміст лабільної органічної речовини, екологічна ємність ґрунту) або не вивчаються взагалі, або представлена поодинокими роботами. Ширше застосування цих показників дасть змогу детальніше оцінити якість ("здоров'я") ґрунту та приймати ефективніші управлінські рішення у сільськогосподарському та лісгосподарському виробництві.

#### Висновки:

1. Ґрунт є надто складним об'єктом дослідження, щоб можна було дослідити у комплексі всі його властивості. Для проведення експрес-діагностики стану ґрунту використовують певний обмежений перелік показників, які є основними індикаторами його екологічної якості або, як кажуть американські дослідники, "здоров'я ґрунту". До них входять кислотність, питома електропровідність та вміст лабільної органічної речовини.
2. Зміщення кислотно-основної рівноваги ґрунту в бік кислої реакції призводить до формування такого природного феномену як "трофічне підкислення". Тому кількісна оцінка активної (рН водної витяжки) та обмінної (рН сольової витяжки) кислотності ґрунту є необхідною умовою для з'ясування едафічного комфорту та екологічної якості ґрунту загалом.
3. Визначення електропровідності водно-ґрунтових суспензій дає змогу оцінити власне йонний статус ґрунту. Отримана інформація дає підставу робити попередні висновки про засоленість, кислотність, окисно-відновний потенціал ґрунту тощо. Оскільки кондуктометрія є прямим методом визначення, невизначеності отриманих результатів дослідження зводяться до мінімуму.
4. Вміст лабільної органічної речовини ґрунту є важливим індикатором його якості і прямо пов'язаний з широким спектром функцій, що визначають агрономічну та екологічну якість ґрунту. Використання як окисника нейтрального розчину перманганату калію дає змогу проводити кількісну оцінку вмісту лабільних (легкоокиснюваних) сполук у ґрунті.
5. Стабільність та екологічна ємність органічної речовини ґрунту визначаються співвідношенням аліфатичних та ароматичних компонентів у складі органічної речовини ґрунту. Зі збільшенням гумусованості і, відповідно, ароматичності органічної речовини ґрунту, зростає її стабільність та здатність зв'язувати макро- та мікроелементи, зокрема і органофільні важкі метали.

#### Література

1. Бедернічек Т.Ю. Електропровідність, як експрес-індикатор йонної активності едафотопу лісових екосистем / Т.Ю. Бедернічек, С.Лі. Копій, Т.В. Партика, З.Г. Гамкало // Біологічні системи. – 2009. – № 1.1. – С. 85-89.

2. Бедернічек Т.Ю. Кількісні зміни органопрофілю та йонної активності едафотопу внаслідок усунення субедифікатора / Т.Ю. Бедернічек, Т.В. Партика, З.Г. Гамкало // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.9. – С. 28-36.

3. Гамкало З.Г. Електропровідність як критерій оцінки йонної активності ґрунту пасовищ при різному мінеральному удобренні травостанів / З.Г. Гамкало // Вісник Львівського національного університету ім. Івана Франка. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка. – 2000. – Вип. 27. – С. 147-151.

4. Гамкало З.Г. Питома електропровідність водних суспензій ґрунту як експрес-критерій ґрунтової діагностики / З.Г. Гамкало, Т.Ю. Бедернічек, Т.В. Партика, Ю.П. Партем // Біологічні системи. – 2012. – № 4(1). – С. 16-19.

5. Гамкало З.Г. Роль активної фази органічної речовини ґрунту як енергопластичного буфера у регулюванні едафічного комфорту / З.Г. Гамкало // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. – Сер.: Ґрунтознавство. – Харків : Вид-во ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. – 2006. – № 7. – С. 65-71.

6. Гамкало З.Г. Екологічна якість ґрунту : навч. посібн. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. – 412 с.

7. Калюкова Е.Н. Свойства металлов и их соединений : учебн. пособ. / Е.Н. Калюкова – Ульяновск : Изд-во УЛГТУ, 2009. – 156 с.

8. Ковда, В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. / В.А. Ковда. – М. : Изд-во "Наука", 1981. – 182 с.

9. Пилипенко О.І. Вплив позахисних лісових смуг оптимальної конструкції на властивості ґрунту в умовах Центрального Правобережного Лісостепу / О.І. Пилипенко, О.В. Соваков, Г.О. Гукасова // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2006. – Вип. 31. – С. 13-18.

10. Шувар І.А. Про родючість ґрунту треба дбати постійно / І.А. Шувар // "Агробізнес сьогодні". – 2011. – № 21-22. – С. 220-221. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.agrobusiness.com.ua/component/content/article/18-2010-06-11-12-53-00/733-2011-11-29-12-31-46.html>.

11. Шульц Э. Характеристика разлагаемой части органического вещества почвы и ее трансформации при помощи экстракции горячей водой / Э. Шульц, М. Кершес // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 890-894.

12. Шум І.В. Екопротекторна здатність ґрунту як критерій оцінки екологічної безпеки агроєкосистем / І.В. Шум, Т.Ю. Бедернічек // Стратегія збалансованого розвитку агроєкосистем України : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. – К. : Вид-во Ін-ту агроєкології і природокористування НААН, 2013. – С. 181-182.

13. Acton D.F. The health of our soils. Towards sustainable agriculture in Canada / D.F. Acton, L.J. Gregorich // Agriculture and Agri – Food. – 1995. – 138 p.

14. Aniol A. Reakcja roslin na zakwaszenie gleby. Mat. Symp. int. "Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenie gleb", Lublin, 1993. – S. 73-80.

15. Blair G.J. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems / G.J. Blair, R.D.B. Lefroy, L. Lise // Australian j. Agric. Res. – 1995. – Vol. 46. – Pp. 1459-1466.

16. Blair G. The development of the KMnO<sub>4</sub> oxidation technique to determine labile carbon in soil and its use in a carbon management index / G. Blair, R. Lefroy, A. Whitbread, N. Blair, A. Conteh // Assessment methods for soil carbon. Lewis publishers, Boca Raton. – 2001. – Pp. 323-337.

17. Blum A. Plant breeding for stress environments / A. Blum / CRS Press, 1988. – 128 p.

18. Burriel F. Química analítica cualitativa / F. Burriel, F. Lucena, S. Arribas, Y. Hernández, J. Edit // Paraninfo. – 1985. – 1150 p.

19. Chen H.Y.H. Stand age, fire and clearcutting affect soil organic carbon and aggregation of mineral soils in boreal forests / H.Y.H. Chen, B.M. Shrestha // Soil Biology & Biochemistry. – 2012. – Vol. 50. – Pp. 149-157.

20. Fissore C. Reduced substrate supply limits the temperature response of soil organic carbon decomposition / C. Fissore, C.P. Giardina, R.K. Kolka // Soil Biology & Biochemistry – 2013. – Vol. 67. – Pp. 306-311.

21. Grisso R. Precision farming tools: Soil Electrical Conductivity / R. Grisso, M. Alley, D. Holshouser, W. Thomason // Virginia Cooperative Extension. – 2009. – Pp. 1-6.

22. Hargitai L. The role of organic matter content and humus quality in the maintenance of soil fertility and in environmental protection / L. Hargitai // Landscape Urban. Plann. – 1993. – Vol. 27. – Pp. 161-167.

23. Hargitai L. Biochemical transformation of humic substances during humification related to their environmental functions / L. Hargitai // Environment international. – 1994. – Vol. 20(1). – Pp. 43-48.

24. Hargitai L. Some aspects of the mobility and distribution of toxic heavy metals contaminants in soil profiles and river sediments / L. Hargitai // Int. J. Environ. Anal. Chem. – 1995. – Vol. 59. – Pp. 317-325.

25. Jakusné Sári Sz. Relationships between humification and productivity in peat-based and peat-free growing media / Sz. Jakusné Sári, E. Forró // Hort. Sci. – 2008. – Vol. 35(2). – Pp. 45-49.

26. Klavins M. Approaches to estimating humification indicators for peat / M. Klavins, J. Sire, O. Purmalis, V. Melecis // Mires and Peat. – 2008. – Vol. 3. – Pp. 1-15.

27. Lefroy R.D.B. Changes in soil organic matter as measured by organic carbon fractions and <sup>13</sup>C isotope abundance / R.D.B Lefroy, G.J. Blair, W.M. Strong // Plant Soil. – 1993. – Vol. 155 (156). – Pp. 399-402.

28. Leroy B.L.M. The quality of exogenous organic matter: Short-term influence on earthworm abundance / B.L.M. Leroy, A. Van den Bossche, S. De Neve, D. Reheul, M. Moens // European Journal of Soil Biology. – 2007. – Vol. 43. – Pp. 196-200.

29. Loginow W. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation / W. Loginow, W. Wisniewski, S. Gonet, B. Ciescinska // Polish J. Soil Sci. – 1993. – Vol. 20. – Pp. 47-52.

30. Mirsky S.B. Evaluating soil management using particulate and chemically labile soil organic matter fractions / S.B. Mirsky, L.E. Lanyon, B.A. Needelman // Soil sci. Soc. Am. J. – 2008. – № 72. – Pp. 180-185.

31. Mitchell M.J. Nutrient cycling in Huntington Forest and Turkey lakes deciduous stands: Nitrogen and Sulfur / M.J. Mitchell // Can. J. For. Res. – 1992. – № 22. – Pp. 457-464.

32. Moody P.W. Soil organic carbon, permanganate fractions, and the chemical properties of acidic soils / P.W. Moody, S.A. Yo, R.L. Aitken // Australian j. Soil res. – 1997. – № 35. – Pp. 1301-1308.

33. Šařec O. Measuring of soil electrical conductivity for mapping of spatial variability of soil properties within a field / O. Šařec, P. Šařec, V. Prošek // Res. Agr. Eng. – 2002. – Vol. 48 (4). – Pp. 131-136.

34. Stanford G. Evaluation of ammonium release by alkalinepermanganate extraction as an index of soil nitrogen availability / G. Stanford // Soil sci. – 1978. – Vol. 126. – Pp. 244-253.

35. Szabó L. Application of environmental protection capacity (EPC<sub>G</sub>) value f soil in agricultural land use / L. Szabó, K. Tóth-Surányi // Landscape and Urban Planning. – 1993. – Vol. 27. – Vol. 169-174.

36. Tirol-Padre A. Assessing the reliability of permanganate-oxidizable carbon as an index of soil labile carbon / A. Tirol-Padre, J. Ladha // Soil sciencesociety of America journal. – 2004. – Vol. 68. – Pp. 969-978.

37. Von Lützw M. SOM fractionation methods: relevance to functional pools and to stabilization mechanisms / M. von Lützw, I. Kögel-Knabner, K. Ekschmitt, H. Flessa, G. Guggenberger, E. Matzner, B. Marschner // Soil Biol. Biochem. – 2007. – Vol. 39. – Pp. 2183-2207.

38. Weil R.W. Estimating active carbon for soil quality assessment: a simplified method for laboratory and field use / R.W. Weil, K.R. Islam, M. Stine, J.B. Gruver, S.E. Samson-Liebig // Am. J. Altern. Agric. – 2003. – Vol. 18. – Pp. 3-17.

39. Zlatník A. et al. Průzkum přirozených lesů na Podkarpatské Rusi. Sborník výzkumných ústavů zemědělských ČSR / A. Zlatník, Brno, 1938. – 524 s.

**Шум И.В., Бедерничек Т.Ю. Экологическое качество почвы: критерии оценки**

Проанализированы современные подходы к оценке качества почвы. Рассмотрены основные ее критерии, среди которых: кислотность, удельная электропроводность, содержание лабильного органического вещества. Последний показатель предлагается определять по содержанию легкоокисляемых органических соединений, которые окисляются нейтральным раствором перманганата калия. Также обоснована целесообразность определения стабильности и экологической емкости органического вещества почвы по соотношению оптической плотности экстрактов органических соединений в водных растворах NaOH и NaF.

**Ключевые слова:** кислотность, удельная электропроводность, лабильное органическое вещество почвы, экологическая емкость почвы.

**Shum I.V., Bedernichek T.Yu. Soil environmental quality: criteria of evaluation**

The modern approaches to evaluation of soil environmental quality were analyzed in this paper. The basic criteria for its quality, such as acidity, specific electrical conductivity, content of labile organic matter were described. The last parameter is proposed to be measured according to the content of organic compounds which are oxidized with a neutral solution of potassium permanganate. Also, it was proposed to determine the stability and environmental protection capacity of soil organic matter. The procedure is based on the measurement of optical densities' ratios in the extracts of organic compounds in aqueous solutions of NaOH and NaF.

**Keywords:** acidity, specific electrical conductivity, labile soil organic matter, environmental protection capacity of soil.

**3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ**

УДК 535.343.2

*Проф. З.П. Чорній, д-р фіз.-мат. наук;  
доц. О.Р. Онуфрив, канд. фіз.-мат. наук;  
ст. викл. І.Б. Пірко, канд. фіз.-мат. наук; доц. В.М. Салапак,  
канд. фіз.-мат. наук; асист. М.В. Дячук – НЛТУ України, м. Львів*

**РАДІАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ ФЛЮОРОГАЛОГЕНІДІВ**

У лінійній моделі іонного кристала розраховано радіаційні параметри кристалів флюорогалогенідів. Показано, що радіаційне забарвлення у кристалах флюорогалогенідів обумовлене локалізацією носіїв заряду на електрично заряджених власних структурних дефектах. Розраховано кінетику наростання F-центрів, їх граничну концентрацію та енергію генерації.

**Ключові слова:** центри забарвлення, радіація, кристали.

**Вступ.** На відміну від основної групи кристалів галогенідів двоховалентних металів (кристалів флюоритів, галогенідів барію, стронцію, кальцію), які є радіаційно стійкими матеріалами [1-3] (чисті кристали не забарвлюються під дією іонізуючої радіації), кристали флюорогалогенідів (BaFCl, BaFBr, SrFCl) інтенсивно забарвлюються за кімнатної температури і знайшли широке застосування в комп'ютерній флюорографії [4,5]. Причина такої різкої відмінності між цими класами кристалів полягає в природі власних структурних дефектів кристалічної ґратки. Коли в більшості кристалів галогенідів двоховалентних металів домінують дефекти за Френкелем [6-8], то в кристалах MeFX домінують дефекти за Шоткі [9]. Саме дефекти за Шоткі обумовлюють специфіку радіаційних процесів кристалів флюорогалогенідів.

**1. Механізм утворення центрів забарвлення у кристалах флюорогалогенідів**

У кристалах MeFX дефекти за Шоткі містять одну катіонну і дві аніонні вакансії, тобто є  $(V_F)^+(V_C)^{2-}(V_X)^+$  – комплексами, де  $(V_C)^{2-}$  – катіонна вакансія,  $(V_F)^+$  і  $(V_X)^+$  – вакансії іона фтора і галогена, відповідно. Цей вакансійний комплекс можна схематично зобразити у вигляді  $\oplus_1 \equiv \oplus_2$ , де  $\equiv$  – вакансія катіона основи,  $\oplus_1$  і  $\oplus_2$  – вакансія іона фтора і галогена відповідно. Дефекти за Шоткі термічно стабільні, а за  $T > 250$  К вони термодисоціюють. При їх термодисоціації в ґратці кристала виникають мобільні аніонні вакансії, які обумовлюють виникнення струмів термостимульованої деполаризації (поляризації), максимум яких розташований в області кімнатної температури [5]. Виходячи із структури дефектів за Шоткі, термодисоціація може протікати двома способами:

