

УДК 631.417.1

Т. В. ПАРТИКА, кандидат біологічних наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну Львівської обл.,

81115, e-mail: tetyana.partyka@gmail.com

З. Г. ГАМКАЛО, доктор біологічних наук

Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, e-mail: zenon.hamkalo@gmail.com

ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНО БІОДОСТУПНОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В ҐРУНТАХ РІЗНОЇ ГЕНЕЗИ ЯК КРИТЕРІЙ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЯКОСТІ

Визначено вміст Карбону екстрагованої гарячою водою органічної речовини (C_{EGVOR}) у ґрунтах Верхньодністерської алювіальної рівнини. У верхньому 10-сантиметровому шарі ґрунту найбільший вміст C_{EGVOR} ($мг \cdot 100 г^{-1}$) властивий торфовим ґрунтам – 345–380, а мінімальний (40–70) – орним дерновому та лучному ґрунтам. Найбільший вміст C_{EGVOR} за профілем ґрунту характерний для нижніх горизонтів торфу, де він сягає $765 мг \cdot 100 г^{-1}$ ґрунту. В органогенних ґрунтах відносний вміст C_{EGVOR} коливається в межах 1,2–6,8 %, а в мінеральних – 3,4–14,2 % від загального вмісту Карбону. Оскільки вміст C_{EGVOR} характеризує лабільну частину ОРГ, він простий у визначенні, широко апробований у світовій ґрунтознавчій практиці, тому це дозволяє рекомендувати його для моніторингу змін екологічної якості ґрунту. Зменшення вмісту C_{EGVOR} нижче від порогового рівня ($<20 мг \cdot 100 г^{-1}$) свідчить про розбалансованість

© Партика Т. В., Гамкало З. Г., 2017

процесів С-мінералізації та С-імобілізації, втрату ґрунтом трофічних функцій і можливість дегумування.

Ключові слова: водорозчинна органічна речовина, лабільна органічна речовина, екстрагована гарячою водою органічна речовина, енергопластичний буфер.

Вступ. Як стверджують відомі ґрунтознавці-новатори В. М. Семенов і Б. М. Когут [11], «сучасне людство вступило в еру Карбону. Через очевидні зміни газового складу атмосфери Землі і порушення у функціонуванні біосфери Карбон і ґрунтова органічна речовина стали об'єктами досліджень не тільки ґрунтознавства і традиційних аграрних наук, а й таких суміжних дисциплін, як геохімія, кліматологія, фізика атмосфери та ін.». Кількість наукових публікацій із проблематики ґрунтового Карбону, індексованих інформаційними базами Scopus і Web of Science, за останні 20 років збільшилася в 25–50 разів [17]. У зв'язку з цим слід зауважити, що в час глобальних кліматичних змін виникла також гостра потреба у розробці оптимальних рівнів метаболічно активної органічної речовини в ґрунтах залежно від їхньої генези, ґрунтово-кліматичних і господарських умов. Це зумовлено тим, що вміст Карбону органічних сполук (C_{org}) у педосфері більш ніж у 2–3 рази перевищує його кількість у наземній біомасі [29] і є найбільшим резервуаром органічних сполук Карбону на планеті, що суттєво впливає на функціонування біосфери Землі. Так, будь-яке посилення процесів розкладу органічної речовини ґрунту (ОРГ), зокрема підвищення температури довкілля, застосування N-вмісних добрив, які зумовлюють додаткову мінералізацію його органічної речовини (*priming effect*), та інших чинників збільшує величину потоку CO_2 та супутніх парникових газів в атмосферу за рахунок мінералізації лабільної ОРГ. За цих умов у ґрунтове середовище також надходить додаткова кількість поживних речовин за рахунок деструкції ОРГ, які у сукупності з підвищеною концентрацією CO_2 у приземному шарі атмосфери за сприятливої гідрокліматичної ситуації створюють умови для додаткового фотосинтетичного зв'язування Карбону. У разі, коли емісія CO_2 з поверхні ґрунту переважає актуальні фотосинтетичні потреби рослин, відбуватиметься посилення парникового ефекту з усіма пов'язаними з ним позитивними і негативними наслідками. Тому, незважаючи на різні можливі сценарії розвитку екосистемних процесів, індукованих чи змінених кліматичними чинниками, потрібним є моніторинг змін абсолютного і відносного вмісту легкомінералізованої ОРГ та пізнання якісно-кількісної організації

органічної частини ґрунту і механізмів забезпечення її динамічної рівноваги.

За сучасною парадигмою, ОРГ складається з двох основних частин: лабільної (активної, рухомої) і стійкої (консервативної, інертної, пасивної). Лабільна, або активна частина – це хімічно і фізично незахищена ОРГ, здатна до швидких хімічних і біохімічних перетворень, тоді як пасивна частина практично є недоступною для ґрунтових мікроорганізмів внаслідок утворення нею метаболічно стійких органо-мінеральних комплексів [12]. За таким методологічним підходом, ця частина ОРГ є термодинамічно і біологічно найстійкішою і відображає генетичні особливості ґрунтів, тобто є органічним скелетом ґрунту. Вважають [5], що власне інертний гумус ототожнюється з величиною мінімального вмісту гумусу, який є вихідним параметром для оцінки ступеня забезпечення ґрунту органічними речовинами.

Отож, роль різних за лабільністю частин ОРГ у реалізації екологічних функцій ґрунту, і зокрема його родючості, неоднакова. Так, лабільна, що легко мінералізується, частина ОРГ є головним джерелом живлення рослин, визначає біологічну активність едафону і суттєво змінюється від застосування різних агрохемотехнічних заходів. Активна частина ОРГ також забезпечує колообіг Карбону та інших біофільних елементів, ефективну родючість ґрунту і процес фотосинтезу. Про важливу роль активної частини ОРГ у колообігу Карбону свідчить щорічна емісія 50–75 Пг С-СО₂ з ґрунту в атмосферу, що приблизно в 10 разів більше від щорічних викидів внаслідок спалювання викопного палива [34].

Варто зауважити, що вміст біодоступної ОРГ і відповідно залежна від цього потужність мінералізаційного процесу, на наш погляд, є еволюційним механізмом самозабезпечення ґрунту високоефективним енергетичним субстратом і поживними елементами, а також способом оптимізації процесу фотосинтезу, шляхом емісії діоксиду карбону (СО₂) в зону росту рослин, що сприяє енерго-речовинній «автономізації» системи ґрунт – рослина. Згідно із запропонованою раніше концепцією «енергопластичного буфера ґрунту» [3], активна частина ОРГ також реалізує функцію захисту органічного скелета ґрунту – гумусу – від його деструкції ґрунтовими мікроорганізмами. Про це також свідчить те, що при тривалому екстенсивному використанні ґрунту лабільна частина може поповнюватися за рахунок інертної, тобто гумусу, що викликає деградацію ґрунтів [2].

Серед головних компонентів активної ОРГ розглядають водорозчинну органічну речовину (ВОР) [30], яка значно впливає як на ґрунтові процеси, так і на функціонування наземних екосистем загалом [1, 8, 18]. Вміст ВОР внаслідок фізичної і хімічної незахищеності та легкої міграції в ґрунтовому середовищі є одним з основних показників біодоступності органічної речовини ґрунту [22, 37, 38].

Із хімічної позиції ВОР розглядають як суміш органічних молекул різної природи розміром менше 0,45 мкм, що підлягають водному гідролізу за різних умов (температури екстрагента, тиску, часу і т. ін.) [10]. Головно до її складу входять низькомолекулярні органічні кислоти, вуглеводи рослинного походження, амінокислоти, мономери фенолу та лігніну, нітрогенвмісні сполуки, зокрема протеїни, і ґрунтові ліпіди [15, 33, 39].

Оскільки ВОР є складним комплексом речовин з різними фізико-хімічними властивостями, тому зазвичай дослідники виділяють різні її фракції: ЕХВОР – екстраговану холодною водою (20 °С) та ЕГВОР – екстраговану гарячою водою (80 °С) органічну речовину [1, 6, 24, 25, 35]. Саме остання фракція ВОР виявилася дуже чутливою до змін у землекористуванні, застосування органічних і мінеральних добрив, біологічної активності едафону [1, 8, 14, 25]. Враховуючи сильні кореляційні зв'язки між ЕГВОР та іншими біохімічними індикаторами, цей показник рекомендують використовувати як інтегровану міру якості ґрунту.

Вважають, що водний гарячий екстракт ґрунту містить частину мікробної біомаси, прості, а також гідролізовані і деполімеризовані сполуки, які найлегше розкладаються біотою ґрунту, тобто є активною частиною ОРГ [23]. Це підтверджується тісними зв'язками між вмістом органічної речовини, що екстрагується гарячою водою, і мікробної біомаси, доведеними завдяки високим коефіцієнтам кореляції між S_{EGWOR} і диханням ґрунту ($R=0,97$, $n=15$), також інтенсивністю нітрифікації ($R=0,91$, $n=22$). За дослідженнями D. Landgraf та ін. (2006) [33], ЕГВОР більш насичена вуглеводами, фенолами та мономерами лігніну порівняно з ЕХВОР, що свідчить про значний вміст у цій фракції тіл мікроорганізмів та продуктів їх життєдіяльності. Тому вміст ЕГВОР тісно корелює з умістом мікробної біомаси [16] та біодоступної органічної речовини [19, 25, 38].

Особливу увагу на інформаційну цінність ЕГВОР для оцінки якості ґрунту звернули німецькі вчені Е. Шульц і М. Кершенс. Вони показали, що вміст Карбону у фракції ОРГ, екстрагованій гарячою водою, є простим і придатним для практики методом визначення потенційно мінералізованої (біодоступної) ОРГ [32, 35]. При цьому

фракціонування відбувається за умов, схожих з природними [31, 40]. На підставі більше 1000 визначень ЕГВОР вони розробили класи запасів легкомінералізованої органічної речовини для піщаних і суглинкових ґрунтів, які не піддаються впливу ґрунтових вод, і за кліматичних умов із середньорічними температурою 6–10 °С і кількістю опадів 400–800 мм. Ми вдосконалили цю класифікацію з включенням до неї ґрунтів природних екосистем із значно більшим вмістом ЕГВОР [8].

Заслугою цих вчених є також розробка [14] залежності вмісту Карбону ($C_{орг}$) в органічній речовині ґрунту і вмісту $C_{ЕГВОР}$ та гранулометричного складу ґрунту (мулу і дрібного пилу):

$$C_{орг} = 15 \times C_{ЕГВОР} + 0,04 \text{ (мул + дрібний пил),}$$

де $C_{орг}$ – загальний вміст Карбону органічних сполук, $C_{ЕГВОР}$ – вміст Карбону в гарячому водному екстракті.

Варті уваги також залежності вмісту активної органічної речовини ґрунту ($C_{аор}$) і екстрагованої гарячою водою ($C_{ЕГВОР}$):

$$C_{аор} \approx 3,8 \times C_{ЕГВОР}$$

та загального вмісту Карбону в органічних сполуках ($C_{орг}$) і активної частини ОРГ ($C_{аор}$):

$$C_{орг} \approx 4 \times C_{аор}$$

і вмісту Карбону в ОРГ, що легко розкладається ($C_{розк}$), і екстрагованої гарячою водою ($C_{ЕГВОР}$):

$$C_{розк} \approx 15 \times C_{ЕГВОР}$$

Метою нашого дослідження було вивчити, використовуючи $C_{ЕГВОР}$ як індикатор біологічно доступної ОРГ, особливості профільних змін вмісту ЕГВОР в органогенних та мінеральних ґрунтах різної генези за різного землекористування.

Матеріали і методи. Дослідження виконано в межах Верхньодністерської алювіальної рівнини з застосуванням методу трансект-катен. У межах першої трансект-катени «Чайковичі – Велика Білина» закладено чотири основні ґрунтові розрізи: на мінеральних лучному глейовому карбонатному грубопилувато-важкосуглинковому ґрунті на сучасному алювії (P1) і дерновому глейовому опідзоленому ортштейновому грубопилувато-середньосуглинковому ґрунті на давньому алювії (P4) та органогенних торфовому низинному середньоглибокому осоково-очеретяному багатозольному ґрунті на давньому алювії (P2) і торфовому похованому низинному середньоглибокому осоково-очеретяному багатозольному ґрунті на давньому алювії (P3).

Інші чотири розрізи закладено в межах трансекти «Волоща – Тершаків» на: дерновому глейовому пилувато-мулуватому

важкоглинистому ґрунті на глибоких торфах (P5), лучно-болотному мулувато-пилуватому легкоглинистому ґрунті на глибоких торфах (P6) та орних дерновому глибокому глейовому мулувато-пилуватому важкосуглинковому ґрунті на алювіальних відкладах (P7) та лучному оглеєному піщано-супіщаному ґрунті на алювіальних відкладах (P8).

Визначення загального вмісту Карбону ($C_{\text{заг}}$) органічних сполук виконали з використанням методики І. В. Тюріна в модифікації Б. А. Нікітіна (ДСТУ ISO 14235:2005), вміст Карбону в екстрагованій холодною водою ($C_{\text{ЕХВОР}}$) та екстрагованій гарячою водою ($C_{\text{ЕГВОР}}$) органічній речовині визначали шляхом двоступеневого водного гідролізу, широко використовуюваного у світовому ґрунтознавстві, відповідно до рекомендацій А. Ghani та ін. [25]. Статистичну обробку експериментальних даних та графічне оформлення виконали за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2010 з надбудовою Attestat.

Результати та обговорення. Мінеральні та органічні ґрунти Верхньодністерської рівнини характеризуються суттєвими відмінностями у вмісті водоекстрагованої органічної речовини. У попередній публікації [6] охарактеризовано особливості профільних змін вмісту Карбону в екстрагованій холодною водою органічній речовині ґрунтів, а у цій роботі основну увагу приділено особливостям профільного розподілу вмісту Карбону в екстрагованій гарячою водою органічній речовині як індикатора біодоступності ОРГ і екологічної якості ґрунту.

Ґрунти трансекти «Чайковичі – Велика Білина». Загалом, у лучному глейовому карбонатному (P1) та дерновому опідзоленому оглеєному (P4) ґрунтах під пасовищем вміст $C_{\text{ЕГВОР}}$ не перевищує $80 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, тоді як у торфових ґрунтах (P2 і P3) він сягає $290 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, тобто у 3,6 разу більший (рис. 1 А).

Уміст $C_{\text{ЕГВОР}}$ у мінеральних ґрунтах зменшується вниз за профілем. Так, у поверхневому шарі 3–13 см лучного глейового ґрунту (P1) він становить $180 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, а в шарі 68–78 см стабілізується на значенні $40 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$; у ґрунтоутворювальній породі (сучасний алювій) спостерігали знову його збільшення, що, ймовірно, зумовлено вимиванням з розташованих вище верств ґрунту або наявністю біологічно доступної органічної речовини у ній, про що свідчить її спорадичне забарвлення чорними плямами.

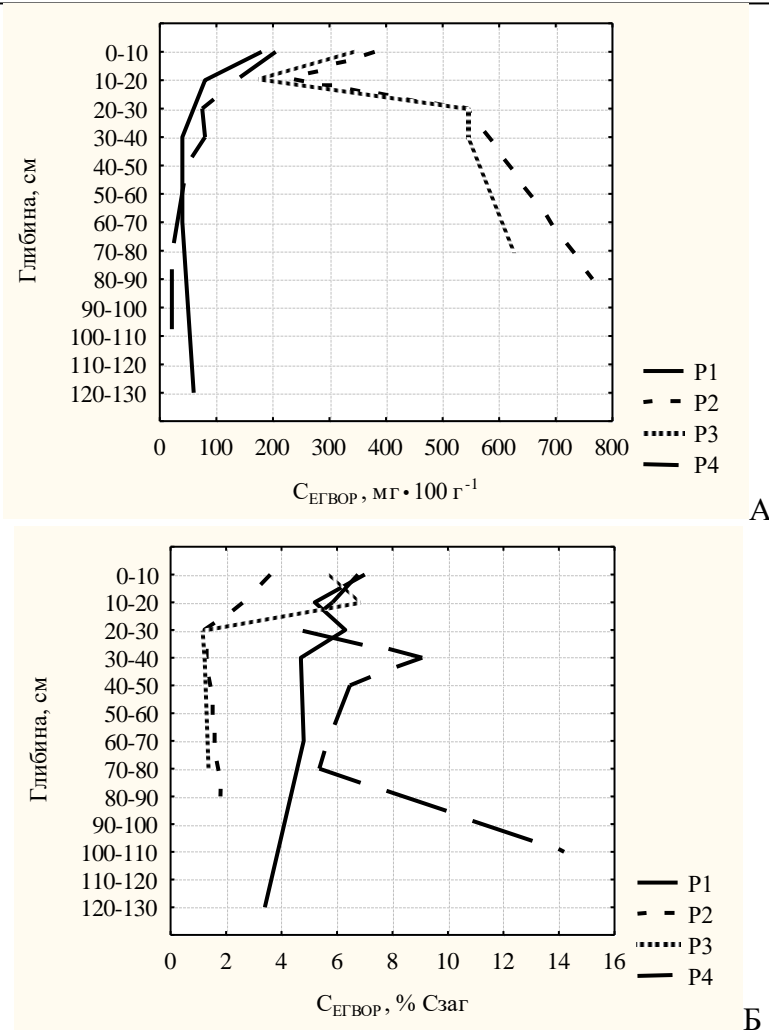


Рис. 1. Профільні зміни абсолютного (А) та відносного (Б) вмісту $C_{EГВОР}$ у ґрунтах трансекти «Чайковичі – Велика Білина»: P1 – лучний глейовий ґрунт, P2 – торфовий низинний ґрунт, P3 – торфовий похований низинний ґрунт, P4 – дерновий глейовий ґрунт

Характер профільних розподілів вмісту C_{EGVOP} та C_{EXVOP} у ґрунтах у цілому подібний. Так, у лучному оглеєному карбонатному ґрунті (P1) коефіцієнт кореляції між цими двома показниками становив 0,92 ($P < 0,05$). У дерновому опідзоленому оглеєному ґрунті (P4) лише на глибині 34–44 см порівняно із C_{EXVOP} відбулося накопичення C_{EGVOP} на $80 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$ на фоні зменшення вмісту мулу, що характерно для алювіального процесу ґрунтоутворення.

Загалом, у мінеральних ґрунтах при екстрагуванні гарячою водою виділилося в середньому у 2,3–2,7 рази більше органічних речовин, ніж при використанні холодної води.

Ще більш ефективною гаряча екстракція водою виявилася для органічних ґрунтів. Зокрема для торфового низинного ґрунту (P2) вміст C_{EGVOP} збільшився в середньому в 3,1 разу зі збереженням характеру профільного розподілу кількості C_{EXVOP} .

За профілем похованого торфового ґрунту (P3) у верхньому шарі намулу вміст C_{EGVOP} становить $345 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, у розташованому нижче шарі 14–25 см зменшується вдвічі – до $175 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, а у шарі слабозкладеного торфу досягає максимального значення – $625 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$. Як і при екстракції ВОР холодною водою, причинами такого збільшення вмісту цих фракцій можуть бути: а) міграція ВОР з низхідним потоком вологи і б) концентрування ВОР внаслідок відсутності або слабого латерального їх перенесення, оскільки досліджувані перезволожені торфові ґрунти займають центральну понижено частину заплави.

Для оцінки лабільності органічної речовини ґрунту, крім кількості водорозчинних фракцій, важливо брати до уваги їхню частку у валовому вмісті C_{org} [27, 40]. Відомо, що рівень Карбону органічних сполук у розчині після екстракції гарячою водою коливається в досить широких межах залежно від типу ґрунту, способу його використання, природних умов, але зазвичай не перевищує 7 % у мінеральних горизонтах [25, 28, 36].

Як видно з результатів наших досліджень, найбільшим абсолютним вмістом водорозчинних органічних речовин характеризуються органічні ґрунти, проте у відсотках до загального вмісту Карбону органічних сполук частка C_{EGVOP} у них є меншою порівняно з мінеральними (рис. 1 Б). Зокрема в органічних ґрунтах C_{EGVOP} коливається в межах 1,2–6,8 %, а мінеральних – 3,4–14,2 % від загального вмісту Карбону органічних сполук.

Щодо торфових ґрунтів, то найбільші показники відносного вмісту C_{EGVOP} характерні для верхнього намитого горизонту торфового ґрунту (P3) – 5,7–6,8 % та горизонту T_1 торфового ґрунту (P2), де за

рахунок постійного поновлення органічної речовини мортмасою [13] масова частка $C_{\text{ЕГВОР}}$ сягає 3,6 %. У нижніх слабо- і нерозкладених горизонтах торфу вміст екстрагованої гарячою водою ОРГ мінімальний – 1,2–1,8 %. Отже, ОРГ намулу характеризується більшою лабільністю і меншою стійкістю до вимивання як холодною, так і гарячою водами. Цей факт підтверджує алохтонне походження цієї ОРГ.

Серед досліджуваних мінеральних ґрунтів першої трансекти «Чайковичі – Велика Білина» найбільша масова частка $C_{\text{ЕГВОР}}$ у верхніх шарах притаманна лучному глейовому карбонатному ґрунту (7,0 %), дещо менша вона у дерновому опідзоленому (6,8 %). Проте в окремих горизонтах дернового глейового ґрунту вміст $C_{\text{ЕГВОР}}$ досягає 9,1 % (Hprgl) і навіть 14,2 % (PGl), що спостерігається на фоні досить низьких кількостей $C_{\text{ЕГВОР}}$. Ймовірно, що підвищена лабільність ОРГ у цих випадках є «свідком» давніх алювіальних процесів – «ретронамулів», які також характеризувалися високою лабільністю ОРГ.

Ґрунти трансекти «Волоща – Тершаків». У ґрунтах другої трансекти «Волоща – Тершаків» також встановлено подібні профільні зміни ВОР (рис. 2 А). За екстрагування гарячою водою у дерновому глейовому ґрунті (P5) профільний розподіл $C_{\text{ЕГВОР}}$ подібний до розподілу $C_{\text{ЕХВОР}}$, за винятком збільшення вмісту $C_{\text{ЕГВОР}}$ у шарі ґрунту 29–39 см в 1,4 рази порівняно з 19–29 см. На наше переконання, різниця у кількості екстрагованої гарячою водою ОРГ пов'язана з його різним гранулометричним складом, зокрема збільшенням у верстві ґрунту 29–39 см вмісту фракцій грубого піску, середнього пилу і мулу та зменшення вмісту дрібного піску, грубого і дрібного пилу. Відомо, що органічна речовина ґрунту, асоційована з мінеральними частинками різного розміру, чітко диференційована за кількістю та природою. Найчастіше найбільші частки С і N від їхнього загального вмісту в ґрунті виявлено у фракціях мулу та пилу [20, 26].

У шарі торфу (85–110 см) дернового глейового ґрунту вміст $C_{\text{ЕГВОР}}$ збільшився до $180 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, тоді як накопичення $C_{\text{ЕХВОР}}$ не відбулося. Це підтверджує хімічну гетерогенність лабільних пулів ОРГ, екстрагованих холодною і гарячою водами [23, 33].

У лучно-болотному ґрунті (P6) кореляційна залежність між профільними змінами $C_{\text{ЕХВОР}}$ та $C_{\text{ЕГВОР}}$ значно тісніша ($r=0,96$; $P<0,05$) за середнього переважання вмісту $C_{\text{ЕГВОР}}$ майже в 2,7 рази.

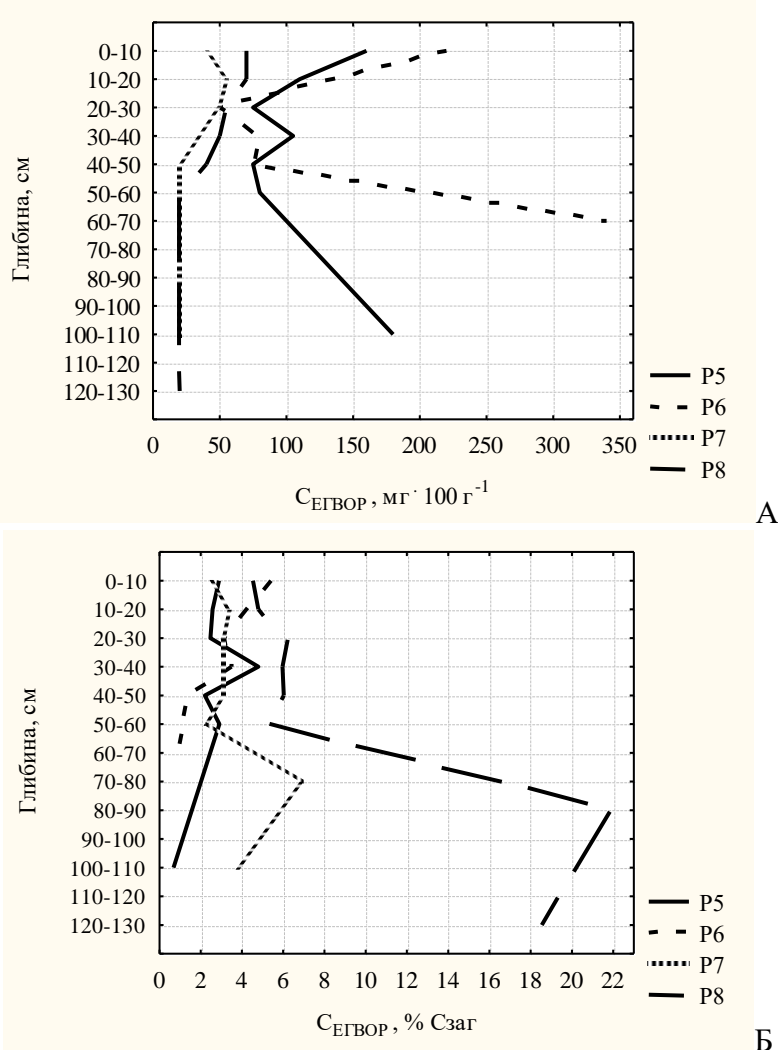


Рис. 2. Профільні зміни абсолютного (А) та відносного (Б) вмісту С_{ЕГВОР} у ґрунтах трансекти «Волоша – Тершаків»: P5 – дерновий глейовий на глибоких торфах, P6 – лучно-болотний на глибоких торфах, P7 – дерновий глейовий, P8 – лучний оглеєний ґрунт

В агрогенно змінених дерновому глейовому глибокому (P7) та лучному оглеєному (P8) ґрунтах вміст Карбону екстрагованих гарячою

водою органічних речовин, як і холодною, найнижчий з-поміж усіх досліджуваних ґрунтів і коливається в дерновому – в межах 60–20 мг·100 г⁻¹, лучному – від 70 в орному шарі до 20 мг·100 г⁻¹ у ґрунтоутворювальній породі – алювіальних відкладах.

G. Guggenberger зі співавторами [26] дослідили, що в орних ґрунтах порівняно з цілиними концентрація $C_{\text{орг}}$ зменшується в усіх гранулометричних фракціях, при цьому частка Карбону мулистої фракції (<2 мкм) збільшується. Гранулометричне фракціонування дало змогу дослідникам зробити висновок, що агровикористання лісового ґрунту призвело до виснаження запасів Карбону, акумульованого в легкій і піщаній фракціях ґрунту, при цьому вміст Карбону фракції пилу та мулу зазнав менших змін. Автори вважають, що агровикористання впливає, насамперед, на вміст Карбону легких фракцій ґрунтів.

Низькі значення вмісту водорозчинних фракцій в ґрунтах еугемеробних екосистем (агросистем) порівняно з ґрунтами мезогемеробних екосистем пояснюються не тільки впливом обробітку ґрунту, але й інтенсивністю мікробіологічної активності. Крім цього, на зменшення вмісту ВОР в орних ґрунтах впливає відсутність підстилки як важливого джерела свіжої органічної речовини, а також інтенсивніша деструкція органічних речовин у ґрунті [40].

Результати досліджень S. Nazarika [21] показали, що за різних систем обробітку ґрунту найбільший вміст $C_{\text{ЕГВОР}}$ характерний саме для варіантів із залишенням на поверхні ґрунту пожнивних залишків як джерела органічної речовини. З цим також пов'язане збільшення вмісту водорозчинної органічної речовини у лучному ґрунті під перелогом порівняно з дерновим.

ґрунтам другої трансекти «Волоща – Тершаків» властиві дещо інші показники відносного вмісту $C_{\text{ЕГВОР}}$ (рис. 2 Б) і відповідно менша лабільність ОРГ. Так, у профілі дернового глейового ґрунту на торфах (P5) найбільші показники відносного вмісту $C_{\text{ЕГВОР}}$ характерні для шару 29–39 см – перехідного до ґрунтоутворювальної породі горизонту – 4,8 %. Як вже було згадано вище, у ґрунті цього шару також виявлено накопичення $C_{\text{ЕГВОР}}$.

Розподіл відносного вмісту $C_{\text{ЕГВОР}}$ за профілем лучно-болотного ґрунту (P6) має зовсім іншу архітектуру. Найбільший відносний вміст цієї фракції ОРГ характерний для верхнього горизонту (5,4 %), у шарі 17–27 см перехідного до ґрунтоутворювальної породі горизонту зменшується до 3,1 %, нижче – знову збільшується до 3,5 %. У торфовому горизонті частка $C_{\text{ЕГВОР}}$ зменшується до 0,9 %. Такий характер профільного розподілу лабільної ОРГ пов'язаний з

неоднорідністю гранулометричного складу ґрунту і відповідно різною хімічною стійкістю органічно-мінеральних комплексів.

На фоні розглянутих вище ґрунтів парадоксально високим є відносний вміст $C_{EГВОР}$ в орних ґрунтах. Так, у профілі дернового ґрунту (P7) частка цієї фракції змінюється від 2,6 % в гумусовому горизонті до 6,9 % у ґрунтоутворювальній породі. Ще більші показники виявлено у профілі лучного ґрунту (P8) – від 4,5 % в орному шарі до 21,9 % у нижніх горизонтах. Проте не слід забувати, що загальний вміст органічної речовини в цих ґрунтах найнижчий з-поміж досліджуваних, і зовсім незначна її кількість знаходиться в межах перехідних до породи горизонтів та у самій материнській породі. З другого боку, більша лабільність ОРГ цих ґрунтів зумовлена меншим розкладом лабільного пулу в процесах мінералізації, про що свідчить дуже слабка емісія CO_2 з поверхні вказаних ґрунтів [7].

Висновки. За гарячого водного екстрагування вміст $C_{EГВОР}$ у ґрунтах порівняно з $C_{EХВОР}$ (холодне екстрагування) є більшим у 2,0–3,7 рази. Максимальний вміст $C_{EГВОР}$ у верхніх горизонтах ґрунтів Верхньодністерської алювіальної рівнини властивий торфовим ґрунтам – $345\text{--}380\text{ мг}\cdot 100\text{ г}^{-1}$, а мінімальний ($40\text{--}70\text{ мг}\cdot 100\text{ г}^{-1}$) – орним дерновому і лучному ґрунтам. Проте у відсотках до загального вмісту Карбону органічних сполук частка $C_{EГВОР}$ у торфових ґрунтах є меншою порівняно з мінеральними – відповідно 1,2–6,8 і 3,4–14,2 %.

За абсолютним і відносним вмістом та профільним розподілом Карбону органічної речовини ґрунту, екстрагованої гарячою водою, можна охарактеризувати екологічну якість мінеральних та органогенних ґрунтів за рівнем біодоступної лабільної органічної речовини та їхню стійкість до дегумусування.

Список використаної літератури

1. Бедернічек Т. Ю. Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль / Т. Ю. Бедернічек, З. Г. Гамкало. – К. : Кондор, 2014. – 180 с.
2. Бойцова Л. В. Динамика содержания органического вещества, его лабильной и инертной частей в дерново-подзолистой супесчаной почве разной степени окультуренности / Л. В. Бойцова, Я. В. Пухальский // Агрофизика. – 2013. – № 2 (10). – С. 14–22.
3. Гамкало З. Г. Активна фаза органічної речовини ґрунту як його енергопластичний буфер. Теоретичний підхід і проблема оцінки / З. Г. Гамкало // Науковий вісник УДДІУ. – 2003. – Вип. 13.4. – С. 270–275.

4. Кёршенс М. Органическое вещество почвы: динамика – воспроизводство – экономически и экологически обоснованные показатели / М. Кёршенс, Е. Шульц // Методы исследований органического вещества почв / под ред. А. И. Еськова. – М. : Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. – С. 43–86.

5. Когут Б. М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах / Б. М. Когут // Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 308–316.

6. Партика Т. В. Водоекстрагована органічна речовина за профілем мінеральних та органічних ґрунтів Верхньодністерської алювіальної рівнини / Т. В. Партика, З. Г. Гамкало // Наукові записки Державного природознавчого музею. – 2017. – Т. 33. – С. 181–190.

7. Партика Т. В. Емісія CO₂ з поверхні мінеральних та органічних ґрунтів Верхньодністерської алювіальної рівнини та її температурна чутливість / Т. В. Партика, З. Г. Гамкало // Наукові записки Державного природознавчого музею. – 2016. – Т. 32. – С. 213–222.

8. Партика Т. В. Лабільна органічна речовина ґрунту та її індикаторна роль : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.18 : захищена 07.12.16 : затв. 28.02.17 / Партика Тетяна Володимирівна ; Чернів. нац. ун-т імені Юрія Федьковича. – Чернівці, 2016. – 211 с.

9. Партика Т. В. Особливості кількісних змін водорозчинної органічної речовини в болотних едафотобах Верхньодністерського Передкарпаття внаслідок торф'яних пожеж / Т. В. Партика, З. Г. Гамкало, Т. Ю. Бедернічек // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. – 2012. – Вип. 6. – С. 257–263.

10. Пулы и фракции органического вещества почв: современные концепции и методы исследования / В. М. Семенов, Т. В. Кузнецова, Л. А. Иванникова, Н. А. Семенова // Организация почвенных систем: методология и история почвоведения / науч. ред. И. В. Иванов, В. Е. Приходько ; Ин-т физико-хим. и биол. проблем почвоведения РАН. – Пущино, 2007. – С. 155–159.

11. Семенов В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М. : ГЕОС, 2015. – 233 с.

12. Семенов В. М. Стабилизация органического вещества в почве / В. М. Семенов, Л. В. Иванникова, А. С. Тулина // Агрехимия. – 2009. – № 10. – С. 77–96.

13. Трускавецький Р. С. Торфові ґрунти і торфовища України / Р. С. Трускавецький. – Х. : Міськдрук, 2010. – 278 с.

14. Шульц Э. Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и ее трансформации при помощи экстракции горячей

водой / Э. Шульц, М. Кершенс // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 890–894.

15. Balaria A. Compositional characterization of soil organic matter and hot-water-extractable organic matter in organic horizons using a molecular mixing model / A. Balaria, C. E. Johnson // *Journal of Soils and Sediments*. – 2013. – Vol. 13 (6). – P. 1032–1042.

16. Balaria A. Molecular-scale characterization of hot-water-extractable organic matter in organic horizons of a forest soil / A. Balaria, C. E. Johnson, Z. Xu // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2009. – Vol. 73. – P. 812–821.

17. Challenges for soil organic carbon research / A. B. McBratney [et al.] // *Soil carbon. Progress in soil science. Part I.* / ed. by A. E. Hartemink, K. McSweeney. – Cham : Springer, 2014. – P. 3–16.

18. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter / E. G. Gregorich, M. H. Beare, U. F. McKim, J. O. Skjemstad // *Soil Science Society of America Journal*. – 2006. – Vol. 70 (3). – P. 975–985.

19. Chen C. R. Soil carbon pools in adjacent natural and plantation forests of subtropical Australia / C. R. Chen, Z. H. Xu, N. J. Mathers // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2004. – Vol. 68. – P. 282–291.

20. Christensen B. T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates / B. T. Christensen // *Advances in Agronomy*. – 1992. – Vol. 20. – P. 1–90.

21. Effect of tillage system and straw management on organic matter dynamics / S. Hazarika [et al.] // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2009. – Vol. 29 (4). – P. 525–533.

22. Evaluation of soil organic carbon stability in grasslands of protected areas and arable lands applying chemo-destructive fractionation / I. Liaudanskienė, A. Šlepetienė, J. Šlepetys, V. Stukonis // *Zemdirbyste-Agriculture*. – 2013. – Vol. 100 (4). – P. 339–348.

23. Franko U. Modellierung von Umsatzprozessen der organischen Bodensubstanz / U. Franko // *Arch. Acker-Pfl. Boden*. – 1997. – Bd. 41. – S. 527–547.

24. Ghani A. Bioavailability of dissolved organic carbon and nitrogen leached or extracted from pasture soils [Електронний ресурс] / A. Ghani // *Adding to the knowledge base for the nutrient manager*. – Palmerston North : Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, 2011. – 9 р. – Режим доступу : <http://www.massey.ac.nz/~flrc/workshops/11/paperlist11.htm>. – Назва з екрана.

25. Ghani A. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation / A. Ghani, M. Dexter, K. W. Perrott // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2003. – Vol. 35. – P. 1231–1243.

26. Guggenberger G. Lignin and carbohydrate alteration in particle-size separates of an oxisol under tropical pastures following native savanna / G. Guggenberger, W. Zech, R. J. Thomas // *Soil Biol. Biochem.* – 1995. – Vol. 27. – P. 1629–1638.

27. Hamkalo Z. Total, cold and hot water extractable organic carbon in soil profile: impact of land-use change / Z. Hamkalo, T. Bedernicsek // *Zemdirbyste-Agriculture*. – 2014. – Vol. 101 (2). – P. 125–132.

28. Haynes R. J. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview / R. J. Haynes // *Advances in agronomy*. – 2005. – Vol. 85. – P. 221–268.

29. Jacobson M. C. Introduction: Biogeochemical cycles as fundamental constructs for studying Earth system science and global change / M. C. Jacobson, R. J. Charlson, H. Rodhe // *Earth system science: from biogeochemical cycles to Global change* / ed. by M. C. Jacobson, R. J. Charlson, H. Rodhe, G. H. Orians. – New York : Academic Press, 2000. – P. 3–13.

30. Kalbitz K. Contribution of dissolved organic matter to carbon storage in forest mineral soils / K. Kalbitz, K. Kaiser // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* – 2008. – Vol. 171. – P. 52–60.

31. Körschens M. C-N-Langzeitdynamik im Statischen Düngungsversuch Lauchstädt / M. Körschens // *Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss.* – 1990. – Bd. 295. – S. 81–90.

32. Körschens M. Heißwasserlöslicher C und N im Boden als Kriterium für das N-Nachlieferungsvermögen / M. Körschens, E. Schulz, R. Behm // *Zentralbl. Mikrobiol.* – 1990. – Bd. 145. – S. 305–311.

33. Landgraf D. Cold and hot waterextractable organic matter as indicators of litter decomposition in forest soils / D. Landgraf, P. Leinweber, F. Makeschin // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* – 2006. – Vol. 169. – P. 76–82.

34. Schlesinger W. H. Soil respiration and the global carbon cycle / W. H. Schlesinger, J. A. Andrews // *Biogeochemistry*. – 2000. – Vol. 48. – P. 7–20.

35. Schulz E. Charakterisierung der organischen Bodensubstanz (OBS) nach dem Grad ihrer Umsetzbarkeit und ihre Bedeutung für Transformationsprozesse für Nähr- und Schadstoffe / E. Schulz // *Arch. Acker-Pfl. Boden.* – 1997. – Bd. 41. – S. 465–483.

36. Šimon T. The influence of long-term organic and mineral fertilization on soil organic matter / T. Šimon // Soil and Water Research. – 2008. – Vol. 2. – P. 41–51.

37. Šlepetienė A. Chemical composition of differently used Terric Histosol / A. Šlepetienė, J. Šlepetys, I. Liaudanskiėnė // Zemdirbyste-Agriculture. – 2010. – Vol. 97 (2). – P. 25–32.

38. Stability of soil organic carbon in agro and forest ecosystems on Arenosol / K. Armolaitis [et al.] // Zemdirbyste-Agriculture. – 2013. – Vol. 100 (3). – P. 227–234.

39. The sensitivity of water extractable soil organic carbon fractions to land use in three soil types / V. Ćirić [et al.] // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2016. – Vol. 62 (12). – P. 1654–1664.

40. Total and hot-water extractable carbon relationship in chernozem soil under different cropping systems and land use / S. Šeremešić [et al.] // Journal of Central European Agriculture. – 2013. – Vol. 14 (4). – P. 1479–1487.

Отримано 18.09.2017