

ІНДИКАТОРИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЯКОСТІ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ҐРУНТІВ ВЕРХНЬОДНІСТЕРСЬКОЇ АЛЮВІАЛЬНОЇ РІВНИНИ

Досліджено профільні зміни лабільних та стабільних органічних речовин у ґрунтах Верхньодністерської алювіальної рівнини. З'ясовано, що вміст наймобільніших органічних сполук: екстрагованих гарячою водою ($C_{\text{ЕГВОР}}$), лабільних ($C_{\text{лаб}}$) та легкоокиснюваних ($C_{\text{л/ок}}$) тісно корелює із загальним вмістом Карбону органічних сполук ($r=0,82-0,91$; $P<0,05$). Найбільшим абсолютним вмістом $C_{\text{ЕГВОР}}$ характеризуються органогенні ґрунти (торфовища низинні). У мінеральних ґрунтах вміст $C_{\text{ЕГВОР}}$ зменшується з глибиною, а в органогенних, навпаки, збільшується донизу, проте, у відсотках до загального вмісту Карбону органічних сполук, вміст $C_{\text{ЕГВОР}}$ є меншим в органогенних ґрунтах і більшим – в мінеральних. Локальне збільшення частки фракції I гумінових кислот у дерновому опідзоленому ґрунті супроводжуються також збільшенням частки водорозчинної органічної речовини ($C_{\text{ЕГВОР}}$).

Серед досліджуваних показників лабільності органічної речовини ґрунту найбільш інформативними є $C_{\text{ЕГВОР}}$ і $C_{\text{лаб}}$. Вони можуть розглядатися як індикатори екологічної якості органічної речовини ґрунту і бути критеріями пошуку індикаторних ґрунтів для моніторингу глобальних змін клімату на рівні педосфери.

Ключові слова: ґрунт, органічна речовина, гумус, лабільний пул, екстрагована гарячою водою органічна речовина, глобальні зміни клімату

Постановка проблеми у загальному вигляді. Аналіз останніх досліджень та публікацій. За фізико-географічним районуванням Верхньодністерська алювіальна рівнина належить до Передкарпатської височинної області Карпатської гірської країни і характеризується рівними, широкими, місцями заболоченими поверхнями низьких (I-III) терас, а також вузькими терасованими днищами річкових долин з дерново-підзолистими глейовими, дерновими, лучними та болотними ґрунтами [8].

До середини ХХ ст. західна частина рівнини, відома з часів Геродота як "Великі болота", була найбільшим болотним масивом у Львівській області, проте, після осушення значну частину боліт використовували як поля та пасовища, що призвело до їх агрогенної деградації. Оскільки торфові болота належать до одних із екологічно найуразливіших водно-болотних угідь, які легко вивести із природного стану рівноваги, питання збереження та охорони цих природних комплексів в межах Верхньодністерської алювіальної рівнини є особливо актуальними [4].

Невід'ємним компонентом та інтегральним регулятором болотних комплексів є ґрунт, від функціонування якого залежить їхній стан в цілому та ефективність у реалізації низки екосистемних сервісів. В свою чергу, у функціонуванні ґрунту, як біокосного тіла, а також у системах *ґрунт-рослина*, *ґрунт-атмосфера* і *ґрунт-природні води* важливу роль відіграє його органічна речовина (ОРГ).

За сучасними уявленнями, під ОРГ розуміють складний гетерогенний континуум ґрунтових органічних матеріалів і сполук незалежно від природи їх походження, стадій трансфор-

мації і ступеня фізичної, хімічної і біологічної захищеності, швидкість колообігу яких варіює від декількох години і діб до тисячоліть [10].

Загальноприйнята у вітчизняному ґрунтознавстві класифікаційна та номенклатурна схема органічної речовини ґрунту, розроблена в роботах акад. І.В. Тюріна, а згодом проф. М.М. Конової та проф. Л.Н. Александрової характеризує ОРГ як сукупність органічних сполук за їхньою хімічною стійкістю. Такий підхід дав змогу створити цілісне уявлення про хімічну природу ОРГ і розробити детальну схему оцінки її стану і якості за співвідношенням Карбону гумінових та фульвокислот, фракційним складом гумусу. Застосування такого методичного підходу у минулому столітті дозволило досягти значного прогресу у генетичному ґрунтознавстві. Згодом, встановлено, що кількісне співвідношення гумінових і фульвокислот, яке раніше вважали генетичним маркером того чи іншого ґрунту і використовували у ґрунтового діагностуванні, суттєво змінюється впродовж вегетаційного періоду і за окремими роками [6]. Так, проф. М.І. Дергачева, як знаний спеціаліст з органічної речовини ґрунту, в своїй докторській дисертації "Система гумусових речовин ґрунту" (Новосибірськ, 1987 р.) зробила дуже важливий у науковому аспекті висновок, що гумус – динамічне утворення, яке зазнає в доступні для огляду відрізки часу істотні перетворення на всіх рівнях його організації, включно до макромолекулярного. Якісна спрямованість внутрірічних перетворень гумусу однакова у всіх вивчених ґрунтах, незалежно від їх генези і зони формування: найбільша частка гумінових кислот у складі гумусу всіх горизонтів спостерігається в ранньо-

літній та зимовий періоди, причому, цьому передує збільшення вмісту фульвокислот; в пізньолітній період гумус переходить у більш стійкі форми, характеризується найменшою розчинністю, і має найбільш стабільні показники; найбільш широке співвідношення гумінових кислот і фульвокислот встановлено взимку, коли воно в 2-3 рази !!! (авт.) більше, ніж у пізньолітній період. Особливо, методично важливим є її висновок, що "циклічність внутрісистемних перетворень, що приводить до повторюваності характеристик гумусу з року в рік у пізньолітній період, дозволяє рекомендувати цей термін для його вивчення в цілях генетичної діагностики, еталонізації і класифікаційних побудов, а також за будь-яких досліджень, в яких необхідно як "точку відліку "використовувати параметри гумусу в статистиці".

У разі дослідження короткострокових екзогенних впливів (різних антропогенних навантажень) використання показників гумусового стану також є малоінформативним, за винятком окремих фракцій, наближених за хімічною стійкістю до лабільних органічних сполук. Тому, у динамічному ґрунтознавстві постало питання використання інших критеріїв для оцінки ОРГ. В останні роки багато дослідників, при оцінці якісного складу органічної речовини ґрунту, оцінюють головню її лабільну частину та співвідношення із стабільними компонентами ОРГ [2, 5]. Оскільки, лабільна органічна речовина є найбільш динамічною складовою органічної частини ґрунтів, вона тісно пов'язана з багатьма екологічними функціями ґрунтів і біосфери: живленням рослин і ґрунтових тварин; біологічною активністю ґрунтів; фіксацією атмосферного азоту; регулюванням складу ґрунтового та атмосферного повітря; формуванням ґрунтової структури і фізичних властивостей; сорбцією та накопиченням важких металів і радіонуклідів та інших забруднювальних речовин і виконує захисну функцію щодо консервативної органічної речовини – гумусу, як енергоречовинний буфер [2].

Згідно сучасних уявлень, екологічний комфорт біосфери формується за участі різних пулів і потоків органічної речовини. Зокрема, органічній речовині ґрунту належить одна з провідних ролей у регулюванні глобального циклу Карбону в біосфері [17], тісно пов'язаному з процесом фотосинтезу і глобальними змінами клімату. Враховуючи фундаментальну роль педосфери у функціонуванні різнорівневих екосистем, виникає необхідність посиленої уваги

до ґрунту як одного з найбільших планетарних резервуарів Карбону, в якому зосереджено 2300 Гт С, що перевищує сумарний запас цього хімічного елементу у атмосфері (800 Гт С) та фітомасі (550 Гт С). Тому, навіть незначна інтенсифікація розкладу ОРГ може істотно збільшити концентрацію парникових газів і, перш за все, діоксиду карбону в атмосфері [14]. Оптимізування протилежно спрямованих процесів (утворення і накопичення органічної речовини та її мінералізації) – одна з основ сталого функціонування ґрунту, як біоecосного тіла, і біосфери в цілому.

У світовій практиці для оцінки пулу потенційно біодоступної водорозчинної речовини ґрунту широко використовують її екстрагування гарячою водою – ЕГВОР [18]. Вміст ЕГВОР служить важливим і швидким способом оцінки пулу лабільної органічної речовини ґрунту. Також, вміст екстрагованої гарячою водою органічної речовини дає уявлення про загальний вміст ОРГ та її екологічну якість. Вміст Карбону органічних сполук у розчині після екстракції гарячою водою складає 1-5 % від $C_{орг}$ [13].

Незважаючи на таку незначну кількість, ЕГВОР як легкоокиснюваний субстрат, найімовірніше є стартером процесів хімічного і біохімічного окиснення у ґрунтовому середовищі. З іншого боку, кількість та якість ЕГВОР мають суттєвий вплив на різні компоненти функціонування біоecосенозів та на інші системи вищих рангів – від атмосфери (продукування парникових газів) до гідросфери (якість води). Генеза едафотопу і його хімічний склад, потоки поживних елементів, металів та ксенобіотиків також залежать від вмісту у ньому водорозчинних органічних речовин [7, 15].

Необхідність дослідження водорозчинної органічної речовини також пов'язана з тим, що ці сполуки є головним джерелом мінералізаційних процесів і, відповідно, емісії парникових газів та енерго-речовинним субстратом для росту й розвитку ґрунтових мікроорганізмів [16], які забезпечують перебіг біохімічних і біоecохімічних процесів на цьому екосистемному рівні.

З метою оцінки лабільної частини ОРГ у світовій практиці також широко застосовують нейтральний або слаболужний розчин перманганату калію. Вважають, що за таких умов, $KMnO_4$ здатен окиснювати прості карбогідрати, амінокислоти, аміни, аміноцукри й інші карбоновмісні речовини [12].

Для характеристики якісного складу органічної речовини також застосовують метод ба-

гатоступеневого хемодеструкційного фракціонування за допомогою розчинів сульфатної кислоти наростаючої концентрації і дихромату калію [11]. Цей метод заснований на вимірюванні стійкості компонентів ОРГ до дії одного окисника різної сили, що дозволяє визначати її 11 фракцій. На цій основі виокремлюються легкоокиснювальні (лабільні) та важкоокиснювальні (стабільні) фракції ОРГ. Кожна з них виражається у відсотках від $C_{заг}$, а результати подають у диференціальній формі.

Формулювання цілей статті. Враховуючи особливу роль лабільної органічної речовини ґрунту у його функціонуванні, а також реалізації його регуляторних функцій на різних рівнях біосферної організації, метою роботи було дослідити екологічну якість ОРГ ґрунтів досліджуваної території, зокрема, її гідрофільні властивості і здатність до окиснення, як індикатора стійкості ґрунту за умов глобальних змін клімату.

Виклад основного матеріалу. Експериментальні дослідження виконані на території Верхньодністерської алювіальної рівнини. Для цього, на південь від с. Чайковичі Самбірського району Львівської області, в межах надзаплавної тераси р. Дністер, через Верхньодністерську низовину до с. Велика Білина Самбірського району було прокладено трансекту "Чайковичі

– Велика Білина", де закладено 4 основні ґрунтові розрізи (рис. 1): на лучному глейовому карбонатному грубопилувато-важкосуглинковому ґрунті на сучасному алювії (Р1), торфовищі низинному середньоглибкому осоково-очеретяному багатозольному муловому на давньому алювії (Р2), торфовищі похованому низинному середньоглибкому осоково-очеретяному багатозольному муловому на давньому алювії (Р3) і дерновому опідзоленому оглеєному грубопилувато-середньосуглинковому ґрунті на давньому алювії (Р4).

Для пошуку високоінформативних індикаторів якості ОРГ здійснена її оцінка, як із застосуванням традиційно вживаного методу Тюріна, так і новітніх методичних підходів. Зокрема, визначення загального гумусу (гумус, %) виконали за методикою Тюріна в модифікації Нікітіна, фракційно-груповий аналіз гумусу – за методикою Тюріна в модифікації Пономарьової-Плотникової, вміст водорозчинної органічної речовини ($C_{ЕГВОР}$) – шляхом двоступеневого водного гідролізу відповідно до рекомендацій Ghani et al. (2003), вміст різноокиснювальних фракцій ОРГ ($C_{л/ок}$) – за методом Попова [20] та вміст лабільної фракції ОРГ ($C_{лаб}$) – шляхом перманганатного окиснення за методом Weil et al. (2003).

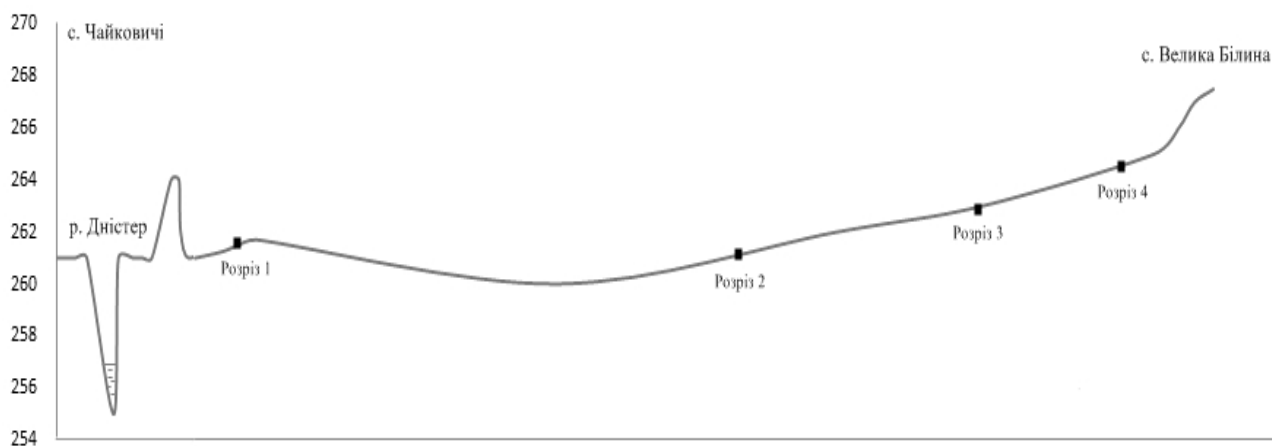


Рис. 1. Схема розміщення ґрунтових розрізів в межах трансекти «Чайковичі – Велика Білина» (вісь ординат – висота н.р.м.).

Статистичну обробку експериментальних даних та графічне оформлення виконали допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2010 з надбудовою Attestat.

Результати досліджень наведені у табл. 1.

Як видно з даних табл.1, лучний глейовий карбонатний ґрунт (Р1) у поверхневому шарі характеризується середнім вмістом гумусу (4,45%). Вниз за профілем вміст гумусу різко

зменшується до глибини 36 см, тобто верхньої частини горизонту H_{pkgl} , і в перехідному до породи горизонті становить 1,45 %. На глибині 120-130 см вміст гумусу знову збільшується до 3%, ймовірно, з рахунок алювіального процесу – привнесення органічної речовини з річковими водами у попередні періоди розвитку ґрунту.

У верхніх шарах ґрунтового профілю дер-

нового опідзоленого оглеєного ґрунту (P4) забезпеченість гумусом вища і сягає 5,23%. Порівняно з лучним ґрунтом, зміни вмісту гумусу

у верхніх шарах дернового ґрунту є менш вираженими, а нижче за профілем ґрунту цей показник зменшується до 0,24%.

Таблиця 1.

Фракції органічної речовини мінеральних ґрунтів Верхньодністерської алювіальної рівнини

Горизонт	Глибина, см	CaCO ₃ , %	Гумус, %	C _{заг}	C _{ЕГВОР}	C _{лаб}	C _{ЕГВОР}	C _{лаб}	C _{н/лаб}	C _{л/ок}
				мг·г ⁻¹			% C _{заг}			
Розріз 1. Лучний глейовий карбонатний грубопилувато-важкосуглинковий ґрунт на сучасному алювії.										
Hkgl	3-13	1,6	4,45	25,8	1,80	0,96	7,0	3,7	96,3	42,0
	13-26	4,8	2,66	15,4	0,80	0,49	5,2	3,2	96,8	39,7
Hpkgl	26-36	5,2	1,64	9,5	0,60	0,38	6,3	4,0	96,0	24,3
	36-46	5,2	1,46	8,5	0,40	0,26	4,7	3,0	97,0	26,4
PhkGl	68-78	4,7	1,45	8,4	0,40	0,10	4,8	1,2	98,8	26,9
PkGl	120-130	0,4	3,03	17,6	0,60	0,34	3,4	1,9	97,9	27,4
Розріз 4. Дерновий опідзолений оглеєний грубопилувато-середньосуглинковий на давньому алювії.										
He	1-11	-	5,23	30,34	2,05	0,81	6,8	2,7	97,3	38,1
	11-24	-	4,13	23,96	1,40	0,61	5,8	2,5	97,5	40,8
Hpigl	24-34	-	2,76	16,01	0,75	0,44	4,7	2,7	97,3	35,0
	34-44	-	1,52	8,82	0,80	0,15	9,1	1,7	98,3	22,8
	44-54	-	1,20	6,96	0,45	0,11	6,5	1,5	98,5	19,7
Phigl	68-78	-	0,64	3,73	0,20	0,07	5,4	1,9	98,1	15,6
PGl	100-110	-	0,24	1,41	0,20	0,00	14,2	0,0	100,0	0,0

C_{заг} – загальний вміст Карбону органічних сполук, C_{ЕГВОР} – екстрагована гарячою водою органічна речовина, C_{лаб} – лабільна органічна речовина за методом Weil, C_{н/лаб} – частка органічної речовини, що не окиснилась перманганатом калію, C_{л/ок} – легкоокиснювана фракція ОРГ за методом Попова.

Відмінності у вмісті гумусу та характері його профільного розподілу у досліджуваних ґрунтах можна пов'язати з особливостями їхньої кислотно-основної рівноваги. Ймовірно, що більший вміст гумусу у дерновому ґрунті до глибини 34 см зумовлений сприятливішими фізико-хімічними умовами ґрунтового середовища, зокрема рН_{вод.} 6,58-6,66 і рН_{КCl} 5,81-6,10 од., тоді як лучний ґрунт є лужнішим (рН_{вод.} 7,54-7,78 од.), що головню зумовлено його окарбонанням. Оскільки, на накопичення органічної речовини може впливати власне карбонатність середовища, необхідно також врахувати можливість цього впливу. За нашими даними, карбонатність лучного ґрунту коливається в межах 0,4-5,2% з мінімальним вмістом у ґрунтоутворювальній породі і максимальним – у горизонті Hpkgl (26-46 см). Звертає увагу значно менший вміст карбонатів (1,6%) у поверхневій верстві 3-13 см, порівняно з нижче розташованою – 14-26 см., причому, із збільшенням карбонатності нижньої частини ґрунту горизонту Hkgl в 3 рази, вміст C_{орг} зменшився. Це може вказувати на те, що наявність навіть значного вмісту CaCO₃ у ґрунті не пов'язана з його хімічною активністю, зокрема доступністю Кальцію карбонатів у реакції утворення гуматів.

Відомо також, що оглеєння, характерне

для лучного ґрунту, суттєво послаблює процес гуміфікації, внаслідок посилення реакцій гідролізу, різкого зменшення активності окиснювальних ферментів – фенолоксидаз і посилення дії редуруючих ферментів анаеробної мікрофлори.

Результати досліджень органічної речовини органогенних ґрунтів Верхньодністерської алювіальної рівнини наведені у табл. 2.

Щодо загального вмісту органічної речовини, то найбільший вміст Карбону органічних сполук характерний для торфових ґрунтів, особливо торфовищ похованих. Відносно незначний вміст C_{заг} у верхньому торфовому горизонті низинного торфовища пояснюється його деградацією, внаслідок осушення, про що свідчать показники зольності: якщо для горизонту T₁ вона коливається в межах 27-40%, то у нижніх шарах – не перевищує 8 %. Дещо більший вміст C_{заг} у верхньому десяти сантиметровому шарі торфовища пов'язаний із щорічним надходженням свіжої органічної речовини у вигляді рослинного опаду.

Звертає увагу, що лабільний пул ОРГ, який у наших експериментах характеризується трьома показниками (C_{ЕГВОР}, C_{лаб} і C_{л/ок}), у досліджених ґрунтах сильно корелює із загальним вмістом органічних речовин (r=0,82-0,91; P<0,05).

Фракції органічної речовини органогенних ґрунтів Верхньодністерської алювіальної рівнини

Горизонт	Глибина, см	CaCO ₃ , %	Гумус, %	C _{заг}			% C _{заг}			
				C _{заг}	C _{ЕГВОР}	C _{лаб}	C _{ЕГВОР}	C _{лаб}	C _{н/лаб}	C _{л/ок}
Розріз 2. Торфoviще низинне середньоглибоке осоково-очеретяне багатозольне мулове на давньому алювії										
T ₁	0-10	-	-	105,7	3,80	2,74	3,6	2,6	97,4	44,7
	10-20	-	-	89,6	2,35	2,73	2,6	3,0	97,0	44,4
T ₂	20-30	-	-	451,5	5,45	12,44	1,2	2,8	97,2	45,5
	80-90	-	-	416,7	7,65	6,92	1,8	1,7	98,3	52,5
Розріз 3. Торфoviще поховане низинне середньоглибоке осоково-очеретяне багатозольне мулове на давньому алювії										
H ₁ G ₁	4-14	-	-	60,70	3,45	1,02	5,7	1,7	98,3	36,1
	14-25	-	-	25,72	1,75	0,68	6,8	2,7	97,3	43,5
T ₁	25-35	-	-	465,17	5,45	6,47	1,2	1,4	98,6	55,6
	35-45	-	-	439,05	5,45	6,31	1,2	1,4	98,6	47,3
	75-85	-	-	457,71	6,25	10,09	1,4	2,2	97,8	46,2

C_{заг} – загальний вміст Карбону органічних сполук, C_{ЕГВОР} – екстрагована гарячою водою органічна речовина, C_{лаб} – лабільна органічна речовина за методом Weil, C_{н/лаб} – частка органічної речовини, що не окислилась перманганатом калію, C_{л/ок} – легкоокиснювана фракція ОРГ за методом Попова.

Найбільшим абсолютним вмістом водорозчинної органіки (до 7,6 мг·г⁻¹) характеризуються органогенні ґрунти. Цікаво, що у мінеральних ґрунтах її максимальний вміст (1,80-2,05 мг·г⁻¹) спостерігається у поверхневих горизонтах, а в органогенних, навпаки, – нижніх (6,25-7,65 мг·г⁻¹). Проте, у відсотках до загального вмісту Карбону органічних сполук, вміст C_{ЕГВОР} є меншим в органогенних ґрунтах і становить 3,6-6,8%, а мінеральних – 6,8-7,0%. В окремих горизонтах дернового опідзоленого ґрунту вміст C_{ЕГВОР} досягає 9,1% (H₁g₁) і навіть 14,2% (P₁G₁). У нижніх слабо- і нерозкладених торфових горизонтах вміст C_{ЕГВОР} мінімальний – 1,2-1,8%. У верхньому горизонті T₁ низинного торфoviща, за рахунок постійного поновлення органічної речовини, масова частка C_{ЕГВОР} сягає 3,6%. Серед мінеральних ґрунтів найвища масова частка C_{ЕГВОР} притаманна лучному ґрунту, дещо менша вона у дерновому, а найменша – нанесеному мінеральному горизонті похованого торфoviща.

Як видно з таблиць 1 і 2, досліджувані ґрунти характеризуються різними профільними розподілами легкоокиснюваної фракції ОРГ. В лучному та дерновому ґрунті у верхніх шарах масові частки лабільної та стабільної фракцій практично однакові, що свідчить про добру збалансованість іммобілізаційно-мінералізаційних процесів в цих ґрунтах. Вниз, за профілем ґрунту, вміст лабільної фракції зменшується до 24-27%, і, відповідно, збільшується вміст стабільної ОРГ. У торфoviщах спостерігається зовсім інший кількісно-якісний розподіл органічної речовини. По усьому профілю

переважає лабільна фракція ОРГ, а в нижньому горизонті її частка сягає 52,5%. Зрозуміло, що за умов глобального потепління, досліджувані ґрунти проявлятимуть різну стійкість до окиснення, тобто матимуть різну індикаторну цінність.

У мінеральних ґрунтах території дослідження визначено також груповий та фракційний склади гумусу, а результати наведені в табл. 3.

У складі гумінових кислот лучного ґрунту найменшу частку займає фракція "вільних" гумінових кислот (ГК-1): вона зменшується від 12,3% на глибині 3-13 см до 2,7% від вмісту ГК. В дерновому ґрунті частка ГК-1 є більшою, зокрема у верхньому горизонті її вміст становить 23,9%, з глибиною поступово зменшується до 5,4%, але на рівні 34-44 см (H₁g₁) – знову збільшується до 14,7%.

Найбільшу частку серед фракцій ГК займають гумінові кислоти, зв'язані з Кальцієм. Ймовірно, що зв'язку з рухомістю цієї фракції [9], її вміст в нижніх горизонтах більший, ніж у верхніх. Загалом частка ГК-2 в лучному ґрунті коливається від 53,0 до 64,9% в той час, як у дерновому ґрунті цей показник сягає 79,8% від вмісту ГК. Це ще раз підтверджує те, що наявність CaCO₃ у лучному ґрунті, не свідчить про його здатність вступати у реакції утворення гуматів. Властиво, це узгоджується з твердженням Пономарьової Плотникової, [9, с.104] що багатство або бідність ґрунтів Кальцієм більше залежить не від багатства Кальцієм породи, а від якості гумінових кислот: ЧГК утримують Ca, а БГК – ні.

Фракційно-груповий склад гумусу ґрунтів Верхньодністровської алювіальної рівнини (% від загального Карбону)

Генетичні гори згори	Глибина відбору зразків, см	Гумус, %	C _{заг.} %	Гумінові кислоти				Фульвокислоти				Сума фракцій	Гумін	C _{ГК} :C _{ФК}	ГК1:ФК1+1a	ГК2:ФК2	ГК3:ФК3	
				1	2	3	Сума	1a	1	2	3							Сума
Розріз 1. Лучний глейовий карбонатний грубопилувато-важкосуглинковий ґрунт на сучасному алювії																		
Hkgl	3-13	4,45	2,58	4,7	20,2	13,2	38,1	7,4	3,1	14,0	9,7	34,2	72,3	27,7	1,1	0,4	1,4	1,4
	13-26	2,66	1,54	1,3	19,5	14,3	35,1	3,2	6,5	4,5	7,8	22,1	57,1	42,9	1,6	0,1	4,3	1,8
Hrpgl	26-36	1,64	0,95	1,1	22,1	18,9	42,1	5,3	3,2	3,2	0,0	11,6	53,7	46,3	3,6	0,1	7,0	-
	36-46	1,46	0,85	1,2	27,1	14,1	42,4	3,5	3,5	0,0	3,5	10,6	52,9	47,1	4,0	0,2	-	4,0
PhGl	68-78	1,45	0,84	1,2	28,6	14,3	44,0	3,6	4,8	2,4	8,3	19,0	63,1	36,9	2,3	0,1	12,0	1,7
Розріз 2. Дерновий опідзолений оглеєний грубопилувато-середньосуглинковий на давньому алювії																		
He	1-11	5,23	3,03	8,6	19,8	7,6	36,0	9,2	6,3	13,5	13,9	42,9	78,9	21,1	0,8	0,6	1,5	0,5
	11-24	4,13	2,40	5,0	27,1	7,9	40,0	8,3	5,8	12,1	8,8	35,0	75,0	25,0	1,1	0,4	2,2	0,9
Hrpgl	24-34	2,76	1,60	3,1	41,9	7,5	52,5	7,5	3,1	0,6	7,5	18,8	71,3	28,8	2,8	0,3	67,0	1,0
	34-44	1,52	0,88	10,2	45,5	13,6	69,3	8,0	1,1	0,0	0,0	9,1	78,4	21,6	7,6	1,1	-	-
	44-54	1,20	0,70	4,3	58,6	17,1	80,0	8,6	0,0	5,7	0,0	14,3	94,3	5,7	5,6	0,5	10,3	-

В профілі лучного ґрунту високою є частка третьої фракції ГК, міцно зв'язаної з мінеральною частиною (32,4-45,0%), причому їхній максимум (45,0%) спостерігається в середині ґрунтового профілю на глибині 26-36 см, де вміст мулу досягає 39,5%. У дерновому ґрунті її частка зменшується майже вдвічі, що зумовлено дещо легшим гранулометричним складом ґрунту.

Екологічно інформативними є профільні зміни вмісту фульвокислот – найбільш рухомих фракцій стабільного пулу органічної частини ґрунту. Серед фульвокислот важливе значення займає "агресивна" фракція ФК-1a. Вона бере активну участь у процесі підзолювання, тому цілком виправданим є її більший вміст в дерновому опідзоленому ґрунті (9,2-7,5% від загального С), порівняно з лучним. Найвищий її вміст спостерігається саме в гумусовому слабоелювіюваному горизонті дернового ґрунту.

Крім вмісту фракцій гумусу, важливе значення для оцінки його якісного складу має співвідношення ГК і ФК різних фракцій. Як видно з наведених у табл. 2 даних, у лучному ґрунті з глибиною різко збільшується співвідношення ГК2:ФК2, навіть в межах горизонту Hkgl від 1,4 до 4,3, тоді як у дерновому ґрунті горизонту He від 1,5 до 2,2, що вказує на сповільнення тут гуміфікаційних процесів. В лучному карбонатному ґрунті спостерігається значна перевага фульвокислот першої фракції, ймовірно пов'язана з розвитком глейового процесу. У складі гумусових кислот, пов'язаних з Са, домінують ГК, причому з глибиною їх частка збільшується. У третій фракції також більший вміст ГК.

У фракції 1 дернового ґрунту також відзначається перевага фульвокислот, проте на глибині 34-44 см спостерігається незначне домінування саме ГК. Варто зауважити, що ці зміни супроводжуються також нагромадженням вмісту водорозчинної органічної речовини, особливо відносно вмісту C_{заг.}, що важливо з огляду на оцінку лабільності (рухомості) гумусових кислот. У складі другої фракції, як і лучному ґрунті, більший вміст гумінових кислот. Проте в склад фракції, міцно зв'язаної з мінеральною частиною, з глибиною, вміст ГК збільшується, порівняно з фульвокислотами.

Ще одним важливим показником, який характеризує якість органічної речовини і загалом відображає зрілість ґрунту є тип гумусу (його *гідрофобно-гідрофільний баланс* (авт.)), який визначається співвідношенням вмісту гумінових і фульвокислот. Якщо в цілому погодитись з загальноприйнятним твердженням, що гумінові кислоти це сукупність слабко- або водонерозчинних високомолекулярних полідисперсних органічних кислот, а фульвокислоти, навпаки, водорозчинні високомолекулярні полідисперсні органічні кислоти, то лише цей факт – переважна гідрофобність одних і гідрофільність інших, є важливим критерієм оцінки їхньої участі у чисельних хімічних і фізико-хімічних процесах формування такого складного біокосного тіла як ґрунт, а також його функціонування.

Для верхнього шару лучного ґрунту характерне майже однакове співвідношення ГК і ФК із незначним переважанням перших. Вниз за профілем тип гумусу змінюється з фульватно-гуматного на гуматний у перехідному горизонті, досягаючи максимуму співвідношення

ГК:ФК на глибині 36-46 см (Hrkg1), яке знову зменшується у горизонті PhG1 за рахунок збільшення вмісту фульвокислот фракцій 1-3.

Для дернових ґрунтів архітектоніка профільних змін типів гумусу є подібною до лучних ґрунтів, проте у верхньому горизонті спостерігається незначна перевага фульвокислот і відповідно гуматно-фульватний тип гумусу. Звертає увагу значне збільшення величини відношення ГК:ФК (5,6-7,6) на глибинах нижче 30 см (Hr1gl), порівняно з верхньою частиною ґрунтового профілю (0,8-1,1).

При порівнянні показників лабільного пулу і фракційного складу гумусу, можна відмітити тісні зв'язки між лабільними фракціями гумусу ГК-1, ФК-1а, ФК-1 та $S_{\text{ЕГВОР}}$ в обох типах ґрунтів. Зокрема, у лучному ґрунті $S_{\text{ЕГВОР}}$ сильно корелює з фракціями ГК-1, ФК-1а ($r=0,96$ та $0,99$ відповідно; $P<0,05$), а у дерновому виразніше простежується зв'язок з сумою фракцій ФК-1а та ФК-1 ($r=0,96$; $P<0,05$).

Зв'язки між $S_{\text{лаб}}$ та фракціями гумусу мінеральних ґрунтів виражені слабкіше і відрізняються за типами ґрунту. Для лучного ґрунту характерна залежність між $S_{\text{лаб}}$ та "агресивною" фракцією ФК-1а, в той час як у дерновому ґрунті простежується тісна кореляція між $S_{\text{лаб}}$ та першою фракцією гумінових кислот.

Висновки. Лабільний пул органічної речовини досліджених ґрунтів ($S_{\text{ЕГВОР}}$, $S_{\text{лаб}}$ і $S_{\text{л/ок}}$) сильно корелює з загальним вмістом органіч-

них речовин ($r=0,82-0,91$; $P<0,05$). Найбільшим абсолютним вмістом ЕГВОР характеризуються органогенні ґрунти (торфовища низинні). У мінеральних ґрунтах вміст ЕГВОР зменшується з глибиною, а в органогенних, навпаки, збільшується донизу. Проте, у відсотках до загального вмісту органічних сполук Карбону, вміст $S_{\text{ЕГВОР}}$ є меншим в органогенних ґрунтах і більшим – в мінеральних.

Серед фракцій гумусу мінеральних ґрунтів переважають гумінові кислоти, зв'язані з Кальцієм. Частка ГК-2 в лучному карбонатному ґрунті коливається від 53,0 до 64,9% в той час, як у дерновому опідзоленому ґрунті цей показник сягає 79,8% від вмісту ГК. Локальне збільшення фракції 1 гумінових кислот у дерновому ґрунті супроводжується також збільшенням частки водорозчинної органічної речовини.

У складі фульвокислот вища частка фракції ФК-1а, яка бере активну участь у процесі підзолювання, спостерігається саме в гумусовому слабоелювійованому горизонті дернового опідзоленого ґрунту, порівняно з лучним.

Серед досліджуваних показників лабільності ОРГ найбільш інформативними є показники $S_{\text{ЕГВОР}}$ і $S_{\text{лаб}}$, які варто розглядати як індикатори екологічної якості органічної речовини ґрунту і критерії пошуку індикаторних ґрунтів для моніторингу глобальних змін клімату на рівні педосфери.

Література:

1. *Александрова Л. Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
2. *Гамкало З. Г.* Роль активної фази органічної речовини ґрунту як енергопластичного буфера у регулюванні едафічного комфорту / З.Г. Гамкало // Вісник ХНАУ. – 2006. – № 7: ґрунтознавство. – С. 65-71.
3. *Ганжара Н.Ф.* Процессы трансформации органического вещества в почвах и его качественный состав / Н.Ф. Ганжара, Д.С. Орлов // В кн. «Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах». – М.: Изд-во Моск. с.-х. акад., 1993. – С. 18-26.
4. *Горбань І. М.* Орнітоценози торфових боліт міжріччя Дністра та Бугу / І. М. Горбань // Вісник Львівського національного університету. Серія біологічна. – 2002. – Вип.28. – С. 188-199.
5. *Дегтярьов В. В.* Вміст рухомих органічних речовин у чорноземах природних і культурних біогеоценозів України / В. В. Дегтярьов // Агрохімія і ґрунтознавство: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Харків: ННЦ "ІГА імені О.Н. Соколовського", 2009. – Вип. 70. – С. 77-86.
6. *Дергачёва М. И.* Органическое вещество почв: статика и динамика / М. И. Дергачёва. – Новосибирск: Наука, 1984. – 152 с.
7. *Добровольский Г. В.* Углерод в почвах и ландшафтах Северной Евразии / Г. В. Добровольский, С. Я. Трофимов, С. Н. Седов // В кн. "Круговорот углерода на территории России". Избр. Научные труды по проблеме "Глобальные изменения биосферы. Антропогенный вклад". – М., 1999. – С. 233-270.
8. *Маринич О. М.* Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О. М. Маринич, Г. О.Пархоменко, О. М. Петренко, П. Г. Шищенко // Український географічний журнал. – 2003. – № 1. – С. 16-20.
9. *Пономарева В. В.* Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
10. *Семенов В. М.* 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. – Пушкино, 2007. – С. 155-159.
11. Способ определения форм гумуса / А. И. Попов, В. П. Цыплёнов. – Патент РФ № 4921349 (004478) приоритет от 11.01.91, действует с 1994 г.
12. *Blair G.* The development of the KMnO_4 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. – P. 323-337.
13. 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.
 14. Houghton R. A. Balancing the global carbon budget / R. A. Houghton // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – 2007. – Vol. 35. – P. 313-347.
 15. Kaiser K. Sorption of dissolved organic nitrogen by acid subsoil horizons and individual mineral phases / K. Kaiser, W. Zech // European Journal of Soil Science. – 2000. – Vol. 51. – P. 403-411.
 16. Marschner B. Controls of bioavailability and biodegradability of dissolved organic matter in soils / B. Marschner, K. Kalbitz // Geoderma. – 2003. – Vol. 113. – P. 211-235.
 17. Piccolo A. Chemical characterization of humic substances extracted from organic-waste-amended soils / A. Piccolo, P. Zaccheo, P. G. Genevini // Bioresource Technology. – 1992. – Vol. 40. – P. 275-282.
 18. Schulz E. Influence of extreme management on decomposable soil organic matter pool / E. Schulz // Archiv fuer Acker, Pflanze und Boden. – 2002. – Vol. 48. – P. 101-105.

Резюме:

Партика Т., Гамкало З. ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ВЕРХНЕДНЕСТРОВСКОЙ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ РАВНИНЫ.

В статье проанализированы профильные изменения лабильных и стабильных органических веществ минеральных и органогенных почв Верхнеднепровской аллювиальной равнины. Лабильный пул является наиболее динамичной составляющей органической части почв, тесно связан со многими функциями почв и биосферы: питанием растений и почвенных животных; биологической активностью почв; фиксацией атмосферного азота; регулированием состава почвенного и атмосферного воздуха; формированием почвенной структуры и физических свойств; сорбцией и накоплением тяжелых металлов, радионуклидов и других загрязняющих веществ, а также выполняет защитную функцию, как гумусопротектор, по отношению к консервативной части органического вещества – собственно гумуса.

Показано, что в исследуемых почвах содержание наиболее лабильных органических веществ: экстрагированных горячей водой ($C_{ЭГВОВ}$), лабильных ($C_{лаб}$) и легкоокисляемых ($C_{л/ок}$) тесно коррелирует с общим содержанием углерода органических веществ ($r=0,82-0,91$; $P<0,05$). Наивысшее абсолютное содержание $C_{ЭГВОВ}$ характерно для органогенных почв (торфяники низменные). В минеральных почвах содержание $C_{ЭГВОВ}$ уменьшается с глубиной, а в органогенных, наоборот, увеличивается. Однако, в процентах к общему содержанию органического углерода, содержание $C_{ЭГВОВ}$ меньше в органогенных почвах и больше – в минеральных.

Среди фракций гумуса минеральных почв преобладают гуминовые кислоты, связанные с кальцием. Доля ГК-2 в луговой карбонатной почве колеблется от 53,0 до 64,9% в то время, как в дерновой почвы этот показатель достигает 79,8% от содержания ГК. Локальное увеличение фракции 1 гуминовых кислот в дерновой оподзоленной почве сопровождается также увеличением доли водорастворимого органического вещества.

В составе фульвокислот высшая доля фракции ФК-1а, которая активно участвует в процессе подзолообразования, наблюдается именно в дерновой оподзоленной почве.

Среди исследуемых показателей лабильности ОВП наиболее информативными являются $C_{ЭГВОВ}$ и $C_{лаб}$, которые в перспективе рассматриваются как индикаторы экологического качества органического вещества почвы и критерии поиска индикаторных грунтов с целью мониторинга глобальных изменений климата на уровне педосферы.

Ключевые слова: почва, органическое вещество, гумус, лабильный пул, экстрагированное горячей водой органическое вещество, глобальные изменения климата.

Summary:

Partyka T., Hamkalo Z. INDICATORS OF ECOLOGICAL QUALITY OF SOIL ORGANIC MATTER IN UPPERDNISTER ALLUVIAL PLAIN.

The article analyzes the profile changes of organic matter in mineral and organic soils of the Upperdnister alluvial plain, particularly, its labile pool. It is the most dynamic component of the soil organic part and is closely linked to many soil and biosphere functions: plants and soil fauna nutrition, soil biological activity, fixation of atmospheric nitrogen; regulation of the soil and atmosphere air composition, the formation of soil structure and physical properties, sorption and accumulation of heavy metals, radio nuclides and other pollutants, and has a protective function for the conservative organic matter – humus as a buffer.

It was found that in studied soils content of the most labile organic substances: hot-water extractable organic matter (C_{HWC}), labile (C_L) and easily oxidized ($C_{e/o}$) is closely correlated with the total organic matter content ($r = 0.82-0.91$; $R < 0.05$). The highest absolute C_{HWC} content was found in organic soils (peat lowlands). In mineral soil C_{HWC} content decreases with depth, and in organic soils, on contrary, increases downwards. However, in the percentage of the total organic content HWC is higher in mineral and lower in organic soils.

Also the study showed that among the soil humus fractions humic acid associated with calcium dominates. The share of HA-2 in the meadow soils ranged from 53.0 to 64.9 %, as in sod soil it reaches 79.8 % of the HA content. Also the local increase in fraction HA-1 of the sod podzolic soil is also accompanied by an increase in the proportion of hot-

water extractable organic matter. Fraction FA-1a, which is actively involved in the leaching, is higher in sod podzolic soil.

In conclusion, among the studied parameters of organic matter lability, most informative are C_{HWC} and C_L , which could potentially be considered as indicators of ecological quality of soil organic matter and key criteria in search of indicator soils for monitoring global climate change.

Keywords: soil, organic matter, humus, labile pool, hot-water extractable organic matter, global climate change.

Рецензент: проф. Позняк С.П.

Надійшла 08.11.2013р.

УДК 911.375

Любомир ЦАРИК, Петро ЦАРИК, Ігор ВІТЕНКО

ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МІСТА ТЕРНОПОЛЯ

Розглянуті геоecологічні проблеми міста Тернопіль. Проведена їх типологія за складністю і проявом негативних наслідків на стан навколишнього середовища і здоров'я людей: забруднення повітряного басейну, забруднення Тернопільського ставу, погіршення якості питного водопостачання, якості природних рекреаційних ресурсів. Проаналізована структура земельних угідь, структура джерел забруднення та забруднюючих речовин, виявлені найбільш забруднені автомагістралі міста. Запропоновані заходи щодо зменшення атмосферних забруднень. Проблема забруднення Тернопільського ставу пов'язана з погіршенням якості питної води у місті, оскільки став знаходиться у зонах санітарної охорони водозаборів, сприяє цьому негативний вплив на водні горизонти Малашівського полігону твердих побутових відходів. Запропоновані заходи з оптимізації структури земельних угідь верхньої частини басейну р. Серет, налагодження дієвого геоecологічного моніторингу. Проблема погіршення просторового комфорту природних умов життєдіяльності пов'язана зі скороченням площ зелених насаджень, ущільненням забудови, вирішення якої лежить в площині будівництва нових мікрорайонів міста та закладки нових паркових зон, відмови від практики будівництва житлових будівель на місці зелених насаджень. Наведені причини ускладнення геоecологічних проблем, їх взаємопов'язаного розвитку і необхідності запровадження дієвих заходів щодо їх вирішення.

Ключові слова: урбоecосистема, геоecологічна проблема, забруднення середовища, просторовий комфорт, зелені насадження, питне водопостачання, рекреаційні ресурси.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Місто Тернопіль з площею території у 5,9 тис. га і чисельністю населення у 217 тис. осіб належить до категорії середніх міст України. За особливостю природних умов місто приурочено до Тернопільського плато і середньої течії р.Серет з абсолютними висотами від 299 м (уріз води р. Серет в межах парку "Топільче") до 374 м (мікрорайон "Східний", бульвар Данила Галицького). Вертикальне розчленування території сягає 75 метрів. Територію розташування міста за особливостями кліматичних і погодних умов відносять до "холодного Поділля".

Структура земельних угідь міста є відносно збалансованою. 54,2% земель знаходяться під забудовою. Під сільськогосподарськими землями зайнято 33,1% (третину яких складають багаторічні насадження, пасовища, сіножаті), під лісовою рослинністю зайнято 6,7% території, під водою – 5,7% земельних угідь.

Загальна площа зелених насаджень складає близько 1100 га, із яких під лісовою рослинністю 400 га, лісопарковою близько 190 га, решта площ належить зеленим насадженням мікрорайонів.

Господарський сектор міста представлений

невеликими за розмірами і потужністю підприємствами електротехнічної, меблевої і деревообробної, харчової, легкої, металообробки і машинобудівної, будівельної галузей та комунального господарства. Технології виробництв відносно ecологічно збалансовані. Забруднення повітряного середовища від стаціонарних джерел становить близько 4% від загальної кількості викидів.

Під заповідними територіями міста зайнято 10,8% земель, серед яких особлива роль належить регіональному ландшафтному парку "Загребелля" з площею 630 га.

Наведені загальні відомості дають можливість сформулювати уявлення про урбоecосистему і загальні проблеми її функціонального розвитку. До найважливіших із них, на нашу думку, належать геоecологічні, оскільки поява геоecологічних проблем є наслідком невиважених управлінських рішень у минулому, а їх вирішення потребує запровадження запобіжних превентивних заходів уже сьогодні, віддача від яких відчуватиметься через певний проміжок часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Геоecологічним проблемам урбанізованих територій присвячено ряд досліджень, зокрема