

УДК 631.445.124:662.730:631.423.4:631.415.1

ОСОБЛИВОСТІ КІЛЬКІСНИХ ЗМІН ВОДОРОЗЧИННОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В БОЛОТНИХ ЕДАФОТОПАХ ВЕРХНЬОДНІСТЕРСЬКОГО ПЕРЕДКАРПАТТЯ ВНАСЛІДОК ТОРФ'ЯНИХ ПОЖЕЖ

Партика Т. В.¹, Гамкало З. Г.¹, Бедернічек Т. Ю.²

¹Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів,
tetyana.partyka@gmail.com, zenon.hamkalo@gmail.com

²Інститут агроекології і природокористування НААН України, Київ, *bedernichek@gmail.com*

Розглянуто вплив торф'яної пожежі на вміст водорозчинної органічної речовини (ВОР) та актуальну кислотність низинних торфовищ. Внаслідок пожежі вміст фракцій ВОР зменшився у шарі торфу 0–25 см., причому, найбільші зміни відбулися у верхній 10-см товщі, де вміст екстрагованих холодною водою (20°C) органічних речовин зменшився у 2,5 рази, а гарячою (80°C) – майже в 4 рази, порівняно до непорушеного торфовища. Ці зміни супроводжувались збільшенням рН від 4,1 до 6,5 од. у верстві торфу 0–5 см й від 4,5 до 5,2 на глибині 20–25 см.

Ключові слова: водорозчинна органічна речовина, торфовище низинне, болотний едафотоп, торф'яна пожежа, глобальне потепління.

ВСТУП

За даними Міжнародної групи експертів з питань зміни клімату середня температура приповерхневих шарів атмосфери Землі з 1861 року зросла більш, ніж на 0,5°C, а починаючи з 80-х років минулого століття підвищення температури досягло темпів безпрецедентних для голоцену [11]. За повідомленням Всесвітньої метеорологічної організації 1998, 2005 та 2010 роки по черзі визнавались найтеплішими за історію метеорологічних спостережень [19].

Аномально високі температури й незначна кількість опадів створили сприятливі умови для масового поширення природних пожеж, серед яких значну екологічну небезпеку становлять торф'яні пожежі, особливо в контексті глобальних змін клімату. Це пов'язано з тим, що у складі надземної фітомаси Карбон депонується від кількох до ста і більше років, а торфовища є значно тривалішим резервуаром Карбону, де він утримується багато тисяч років. Горіння торфу призводить до раптового розкриття цього резервуару $C_{\text{орг}}$ і перетворює торфовища з депо Карбону на потужне джерело його емісії у формі парникового газу – CO_2 [9].

За статистичними даними про надзвичайні ситуації в Україні за три квартали 2010 року (1–9 місяці року) відбулося 49436 пожеж, в тому числі на торфовищах – 153 [10]. За оперативною інформацією МНС України тільки у третій декаді липня 2010 р. на Лівобережжі (на Луганщині з 19 липня), в Черкаській, Кіровоградській, Миколаївській областях та в Криму протягом 1–13 днів спостерігалась надзвичайна пожежна небезпека (5 класу), що призвело до загоряння лісових масивів та степу. 26–28 серпня було зафіксовано три надзвичайні ситуації (НС), пов'язані із

пожежами в природних екосистемах – дві у Луганській та одна у Донецькій областях. За оцінками експертів, у серпні 2010 року збитки внаслідок НС природного характеру орієнтовно становили близько 22 млн. гривень.

Переважаю, торфи займаються внаслідок поширення низових пожеж. Як і у випадку останніх, найчастішою причиною їхнього займання є необережне поводження з вогнем або підпал, а також розряд блискавки чи самозагоряння, яке може настати при температурі вище 50°C. До речі, поверхня ґрунту у середній смугі може нагріватися до 52–54°C.

Глибина горіння торфу суттєво відрізняється залежно від конкретних гідрометеорологічних умов, але, зазвичай, впродовж одного сезону торфовища не прогорають глибше, ніж на 1 м. Граничною нижньою межею поширення пожежі є глибина залягання підземних вод. Проте, часто, вогонь охоплює лише верхні 10–25 см торфового ґрунту, оскільки нижні верстви можуть містити значну кількість вологи [8].

У зв'язку з торф'яними пожежами важливо кількісно і якісно оцінити саме лабільний компонент органічної частини торфу, який ініціалізує процес горіння, зокрема водорозчинні органічні речовини (ВОР). Не зважаючи на те, що їхній вміст зазвичай не перевищує 2–4% від валового вмісту $C_{\text{орг}}$, вони, як легкоокиснювані субстрати, найімовірніше є стартерами процесу хімічного і біохімічного окиснення торф'яної маси. З іншого боку, кількісні та якісні характеристики ВОР мають суттєвий вплив на різні компоненти функціонування болотних біогеоценозів та на інші системи вищих рангів – від атмосфери (продукування парникових газів) до гідросфери (якість води). Встановлено, що в ґрунтові води в процесі розкладу органічної речовини торфу надходять значні маси нітратів, які зумовлюють евтрофікацію водотоків і водоймищ [4]. Генеза едафотопу і його хімічний склад, потоки поживних елементів, металів та ксенобіотиків також залежать від вмісту у ньому водорозчинних органічних речовин [3, 7, 15, 17].

Необхідність вивчення ВОР у болотних едафотопіях також пов'язана з тим, що ці сполуки є джерелом мінералізаційних процесів і, відповідно, емісії парникових газів та енерго-речовинним субстратом для росту й розвитку ґрунтових мікроорганізмів [12, 16], які забезпечують перебіг біохімічних і біогеохімічних процесів на цьому екосистемному рівні. Варто врахувати й те, що достатній вміст доступного легкоокиснюваного органічного субстрату і сприятливі гідротермічні умови можуть активізувати життєдіяльність мікроорганізмів-термофілів, що може спричинити саморозігрівання торфу до температури 60–65°C [1]. Це суттєво підвищує ризик виникнення торф'яних пожеж, як стадії розвитку пожеж низових, і, в окремих випадках, забезпечує самозаймання торфу. Крім того, вміст водорозчинних органічних сполук може бути індикатором розвитку процесів поступового відновлення порушених болотних едафотопів.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

Об'єктом досліджень обрано едафотопи болотних екосистем, а саме територію Великих Дністерських боліт. За даними палеогеографічних досліджень на їхньому місці в епоху середнього голоцену було велике озеро і саме його, на думку

Я. Гудовські і Ю. Нестерука, згадує Геродот у своїй праці «Історія» як можливий витік Дністра [2].

Модельні ділянки розташовано поблизу сіл Чайковичі та Велика Білина Самбірського району Львівської області в межах Верхньодністерської низовини. Контрольна ділянка закладена на низинному середньоглибокому осоково-очеретяному торфовищі на алювіальних відкладах з природним рослинним покривом із очерету звичайного (*Phragmites australis* L.). Дослідна ділянка закладена на суміжній території з аналогічним едафотопом. Рослинний покрив на ній був знищений внаслідок низової пожежі за 45 днів до відбору зразків; вона ж стала причиною виникнення слабкої торф'яної пожежі, за якої торф прогорів на глибину до 10–13 см.

Зразки торфу відбирали у п'ятиразовій повторності до глибини 25 см через кожні 5 см. Для кількісної оцінки водорозчинної органічної речовини ґрунту застосовували методичний підхід, запропонований А. Ghani [13], який передбачає двоступеневу екстракцію ВОР при температурах 20 і 80°C. На першому етапі відбувається виділення фракції екстрагованої холодною водою органічної речовини (ЕХВОР), на другому етапі із того ж зразка впродовж 16 годин при температурі 80°C виділяють фракцію екстрагованої гарячою водою органічної речовини (ЕГВОР). Визначення рН проводили потенціометрично у водно-ґрунтових суспензіях (розведення 1: 2,5). Статистичне опрацювання отриманих результатів здійснювали у програмі MS Excel 2007 з надбудовою Attestat 12.0.5.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Болотний едафотоп з непорушеним рослинним покривом (контрольна ділянка) характеризується незначними профільними змінами вмісту ЕХВОР. Зокрема, вміст Карбону органічних сполук за холодного екстрагування (С-ЕХВОР) у верстві 0–5 см коливався від 1,27 до 1,48 мг·г⁻¹, а на глибині 20–25 см – 1,15–1,39 мг·г⁻¹ (рис. 1).

Пірогенна трансформація цього едафотопу спричинила зменшення вмісту ЕХВОР за досліджуваним профілем. Найістотніші зміни відбулись у 0–5 см і 5–10 см верствах торфу, зокрема вміст екстрагованого холодною водою С_{орг} зменшився у поверхневій верстві до 0,50–0,71 мг·г⁻¹, або у 2,5 рази порівняно з контролем. Нижче за профілем, вміст ЕХВОР поступово збільшувався до 0,95–1,14 мг·г⁻¹ на глибині 20–25 см, але залишився в 1,3 меншим, ніж у контролі.

Архітектоніка профільних змін вмісту ЕГВОР подібна до описаних вище змін ЕХВОР, але відрізняється кількісними параметрами (рис. 2). За даними М. von Lutzow [18], вміст ЕГВОР може перевищувати вміст ЕХВОР до 18 разів, оскільки із збільшенням температури екстрагенту суттєво зростає кількість екстрагованої органічної речовини. Натомість, у досліджених нами едафотоплах, збільшення температури екстракції на 60°C (від 20 до 80°C) мало значно слабший ефект: на контрольній ділянці вміст ЕГВОР у торфі перевищував ЕХВОР у 4,4–6,7, а на дослідній (після пожежі) – в 3,8–4,0 рази. Такі відмінності вмістів ЕГВОР і ЕХВОР пов'язані з якісно-кількісними особливостями органічної речовини різних за генезою ґрунтів, зокрема розмірами її лабільного пулу.

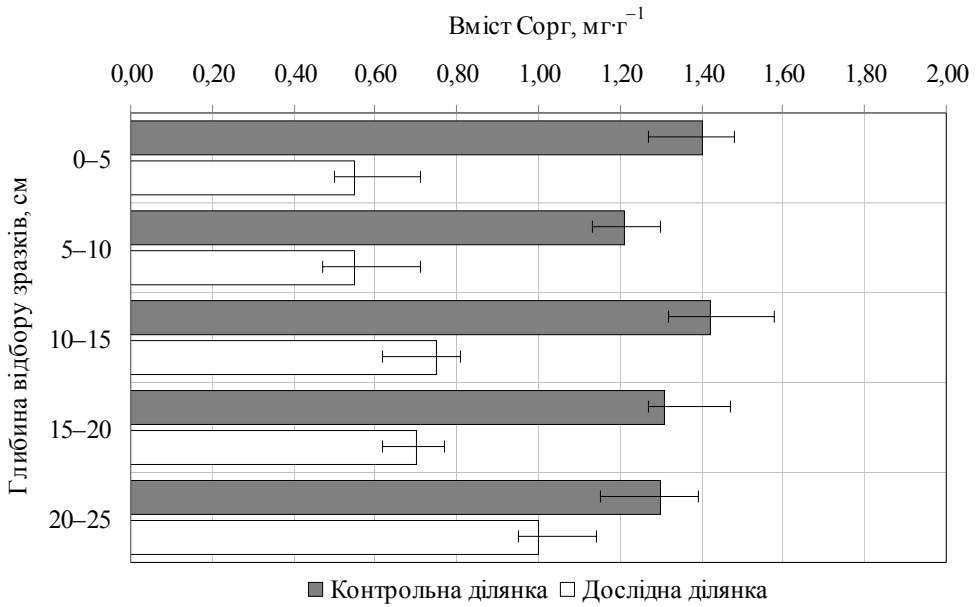


Рис. 1. Профільні зміни вмісту екстрагованих холодною водою органічних сполук (EXVOP) внаслідок торф'яної пожежі

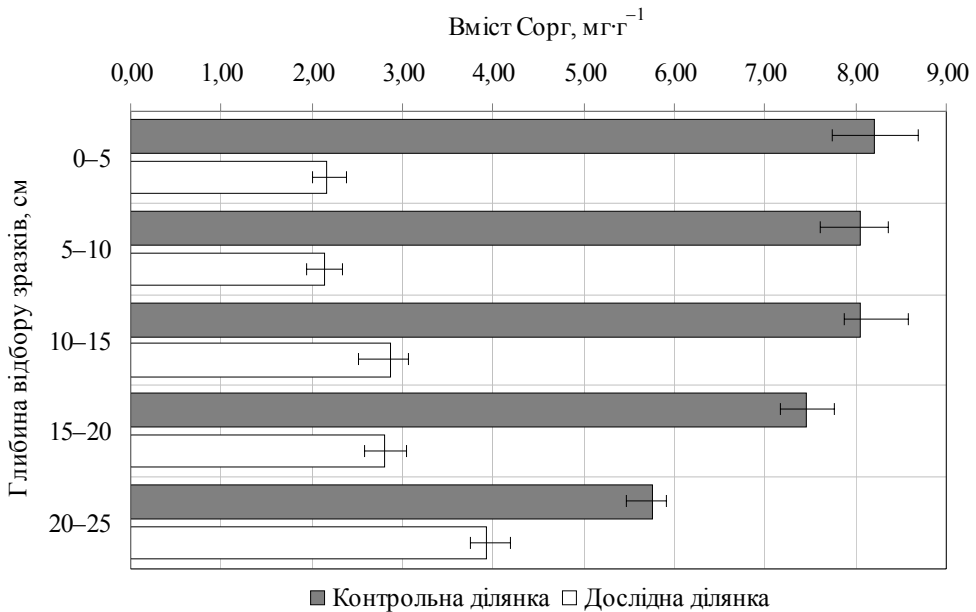


Рис. 2. Профільні зміни вмісту екстрагованих гарячою водою органічних сполук (EHWOP) внаслідок торф'яної пожежі

Щодо профільних змін С-ЕГВОР, то у контролі її вміст практично не змінювався до глибини 10–15 см, коливаючись у межах 7,61–8,70 мг·г⁻¹. Нижче за профілем (15–20 см), вміст екстрагованих гарячою водою органічних речовин торфу зменшується до 7,16–7,76, а у верстві 20–25 см – 5,47–5,91 мг·г⁻¹.

Вужчий діапазон змін у межах пірогенно-трансформованого субстрату може бути пояснений специфікою антропогенного впливу, оскільки внаслідок торф'яної пожежі (торф прогорів до глибини 10–13 см) температура у замкнутому об'ємі осередку горіння може сягати до 700 °С, а процес горіння продовжується навіть тоді, коли вологість торфу перевищує 100% [8]. За таких умов відбувається інтенсивніша екстракція органічних сполук *in situ* гарячою рідкою фазою торфу або водяною парою, що утворюється у торфі. У верствах торфу, які зазнали безпосереднього впливу вогню – ці органічні сполуки згорають. У суміжних шарах – екстрагуються та мобілізуються, за винятком цукрів, що карамелізуються і здатні накопичуватися у профілі едафотопу. Також, внаслідок впливу високої температури органічна речовина торфу перетворюється у «піроморфний гумус» – трансформовані високомолекулярні речовини з слабкими колоїдними властивостями, які важко піддаються водному гідролізу і характеризуються підвищеною стійкістю до біологічної деградації [14].

Крім змін вмісту лабільних фракцій органічної речовини, важливим індикатором, що дозволяє оцінити ступінь пірогенної трансформованості едафотопу, є реакція середовища. Внаслідок горіння торфу вивільняється значна кількість солей лужних та лужно-земельних елементів і, особливо, калій карбонат [5, 6]. Саме тому, пірогенно-трансформованим торфам властиві вищі значення рН, порівняно з непорушеними, що не зазнали впливу вогню, а за показником змін актуальної кислотності можна визначити глибину поширення пожежі.

Як видно із наведених у табл. 1. даних, найбільші зміни рН у бік підлугування приурочені до верхньої 15-см товщі ґрунту і, особливо, верстви 5–10 см. В ній концентрація протонів (H⁺) зменшилась на 154,33 мкмоль·л⁻¹ або на 2,19 одиниці рН, порівняно з непорушеним едафотопом.

Таблиця 1

Профільні зміни кислотності торфу внаслідок пірогенезу (за медіанами, n=5)

Глибина, см	Контрольна ділянка		Дослідна ділянка		Δ С (H ⁺), мкмоль·л ⁻¹	Δ рН
	рН _{H₂O}	С (H ⁺), мкмоль·л ⁻¹	рН _{H₂O}	С (H ⁺), мкмоль·л ⁻¹		
0–5	4,13	74,13	6,5	0,32	73,81	1,87
5–10	3,81	154,88	6,26	0,55	154,33	2,19
10–15	4,02	95,50	5,96	1,10	94,40	1,97
15–20	4,32	47,86	5,95	1,12	46,74	1,67
20–25	4,46	34,67	5,2	6,31	28,36	1,45

Ймовірно, у верхній 5-см верстві торфу значення рН, внаслідок торф'яної пожежі, були вищими, але у процесі вимивання солей (як правило гідрогенкарбонатів і карбонатів) атмосферними опадами у постпожежний період зменшились до 6,5 од. За даними Зайдельмана [4], пожежі на осушених болотах

зумовлюють вигорання торфуг до мінерального дна. В процесі горіння утворюються різноманітні пірогенні утворення, часто з високою вихідною лужністю (рН 10–11).

В цілому, максимальний вплив пожежі на 45-й день дослідуг простежується до глибини 10–15 см, що відповідає зоні безпосереднього поширення вогню. Тим не менш, у розташованих нижче верствах 15–20 і 20–25 см значення Δ рН (різниця рН контрольного і дослідного варіантів) залишаються високими – 1,67 і 1,45 відповідно. Це свідчить про сильний дестабілізуючий вплив навіть слабких торфових пожеж на едафотоп, як у межах осередків горіння, так і поза ними.

ВИСНОВКИ

1. Слабка торф'яна пожежа, за якої згорає рослинний покрив і прогорає торф на глибину 10–13 см призводить до суттєвих профільних змін вмісту С-ЕХВОР і С-ЕГВОР, причому архітектоніки цих змін є подібними. Такий дефіцит лабільної органічної речовини пов'язаний з її пірогенною деструкцією внаслідок хімічного окиснення, інгібуванням мікробного синтезу водорозчинних органічних сполук в едафотопі та припиненням надходження органічних речовин Карбону в едафічне середовище у процесі фотосинтезу за відсутності рослинного покриву.

2. Торф'яна пожежа супроводжується збільшенням рН середовища не лише в шарах, де був осередок горіння, а й в суміжних, візуально непорушених верствах. що свідчить про дестабілізуючий вплив навіть слабких торфових пожеж не лише на поверхневі, а й на глибші верстви болотних едафотопів, зокрема їхню кислотно-основну рівновагу.

3. Вміст лабільних, насамперед, водорозчинних органічних сполук у торфах є інтегральним показником, за яким можна судити як про екологічну якість болотних едафотопів, так і про ступінь їхньої пірогенної трансформації.

Список літератури

1. Горная энциклопедия [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mining-enc.ru/s/samovozgoranie-torfa/>. – Назва з екрана.
2. Гудовскі Я. Історія досліджень витоків Дністра : від Геродота до сьогоденних досліджень варшавських та львівських географів / Я. Гудовскі, Ю. Нестерук. – Львів: Ліга-Прес, 2009. – 24 с.
3. Добровольскій Г. В. Углерод в почвах и ландшафтах Северной Евразии / Г. В. Добровольскій, С. Я. Трофимов, С. Н. Седов // Круговорот углерода на территории России: избр. научные труды по проблеме «Глобальные изменения биосферы. Антропогенный вклад». – М., 1999. – С. 233–270.
4. Зайдельман Ф. Р. Деградация почв как результат антропогенной трансформации их водного режима и защитные мероприятия / Ф. Р. Зайдельман. – Почвоведение. – 2009. – № 1. – С. 93–105.
5. Зайдельман Ф. Р. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация / Ф. Р. Зайдельман, А. П. Шваров. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 165 с.
6. Колошко Л. К. Екологічні аспекти пошкоджених пожежею торфових ґрунтів / Л. К. Колошко, Л. В. Васюк, Н. П. Білокурець // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – 2009. – № 6. – С. 63–72.
7. Мухин Е. В. Экологические функции и миграция водорастворимых органических веществ в почвах лесопарковых ландшафтов нижнего течения реки Северной Двины: автореферат дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук / Е. В. Мухин; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва, 2007. – 24 с.
8. Орловскій С. Н. Лесные и торфяные пожары, практика их тушения в условиях Сибири: учеб. пособие / С. Н. Орловскій. – Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2003. – 163 с.

9. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / [В. Н. Кудеяров, Г. А. Заварзин, С. А. Благодатский и др.]. – М.: Наука, 2007. – 315 с.
10. Статистичні дані про пожежі в будівлях, лісах, торф'яниках та на транспорті, та їх наслідки за 9 місяців 2010 року УкрНДДПБ МНС України. – Київ, 2010.
11. Climate change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change / [ed. J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs and other]. – N. Y.: Cambridge Univ. Press, 2001. – 881 p.
12. Ghani A. Bioavailability of dissolved organic carbon and nitrogen leached or extracted from pasture soils [Електронний ресурс] / [A. Ghani, U. Sarathchandra, S. F. Ledgard et al.] // In: Adding to the knowledge base for the nutrient manager. – New Zealand. – 9 p. – Режим доступу: <http://www.massey.ac.nz/~frc/workshops/11/paperlist11.htm>. – Назва з екрана.
13. Ghani A. Hot-water extractable C in soils: A sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation / A. Ghani, M. Dexter, K. W. Perrot // Soil Biol. Biochem. – 2003. – N. 35. – P. 1231–1243.
14. González-Pérez J. A. The effect of fire on soil organic matter – a review / J. A. González-Pérez, F. J. González-Vila, G. Almendros, H. Knicker // Environment International. – 2004. – Vol. 30. – P. 855–870.
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. Michalzik B. Dynamics of dissolved organic nitrogen and carbon in a Central European Norway spruce ecosystem / B. Michalzik, E. Matzner // Europ. J. Soil Sci. – 1999. – Vol. 50. – P. 579–590.
18. von Lutzow M. SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms / M. von Lutzow, I. Kogel-Knabner, K. Ekschmitt // Soil Biology and Biochemistry. – 2007. – Vol. 39. – P. 2183–2207.
19. WMO Press Release No. 906, 2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_906_en.html. – Назва з екрана.

Партька Т. В., Гамкало З. Г., Бедерничек Т. Ю. Особенности количественных изменений водорастворимого органического вещества в болотных эдафотопях Верхнеднестровского Предкарпатья в результате торфяных пожаров // Экосистемы, их оптимизация и охрана. Симферополь: ТНУ, 2012. Вып. 6. С. 257–263.

Рассмотрено влияние торфяного пожара на содержание водорастворимого органического вещества (ВОВ) и актуальную кислотность низинных торфяников. В результате пожара содержание фракций ВОВ уменьшилось в слое торфа 0–25 см., причем наибольшие изменения произошли в верхней 10-см толще, где содержание экстрагируемых холодной водой (20°C) органических веществ уменьшилось в 2,5 раза, а горячей (80°C) – почти в 4 раза, по сравнению с ненарушенным торфяником. Эти изменения сопровождались увеличением pH от 4,1 до 6,5 ед. в слое торфа 0–5 см и от 4,5 до 5,2 на глубине 20–25 см.

Ключевые слова: водорастворимое органическое вещество, низинные торфяники, болотный эдафотоп, торфяной пожар, глобальное потепление.

Partyka T., Hamkalo Z., Bedernichek T. The peculiarities of quantitative changes of water-soluble organic matter in wetland soils of Upper Dnister Peredkarpattya due to peat fires // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2012. Iss. 6. P. 257–263.

The impact of peat fires on water-soluble organic matter (WSOM) in wetland soils was studied in this article. The profile changes of WSOM content and actual acidity of peats were explored. It was found that soil organoprofile was transformed at least 25 cm deep. The most significant changes were observed in top 10-cm layer: the content of cold (20°C) water-soluble organic matter decreased in 2.5 times, and hot (80°C) – in almost 4 times. These changes were attended by an increase of pH from 4.1 to 6.5 in 0–5 cm layer of peat and from 4.5 to 5.2 at depth of 20–25 cm.

Key words: water-soluble organic matter, lowland peat, wetland soils, peat fire, global warming.

Поступила в редакцию 22.08.2012 г.