

UDC 631.43:631.436.6:631.445.2 (477.41/.42)

**P. I. Trofimenko, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor**

**N. V. Trofimenko, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor**

*Zhytomyr National Agroecological University*

## THE IMPACT OF THE ABIOTIC SUBSTANCES ON THE INTENSITY OF CO<sub>2</sub> PRODUCTION FROM SOILS OF THE CENTRAL POLISSYA TRANSITION ZONE IN THE COLD TIME PERIOD

*The article presents the results of studies of the effect of atmospheric pressure on the CO<sub>2</sub> production intensity from sod-podzolic, light-gray sandy soil and loamy gray gleyic soils in transition zone of the Central Polissya of Ukraine. The paper identified multiple valued role of the pressure with the transformation of the abiotic conditions of the atmosphere in the background and due to the global climate changes.*

*This paper presents a new approach for cold period and the original method of measurement and the calculation of the CO<sub>2</sub> emissions from the studied soils.*

*It is shown that identification of the nature of the influence of abiotic factors on the formation of carbon dioxide streams of podzolized soils of the Central Polissya of Ukraine in cold period, it is appropriate to allocate within its borders some with the different-temperature conditions - "pre-freezing", "freezing" and "post – freezing". This approach allowed within these parts to show more clearly the sequence of soil temperature and atmospheric pressure dominance as reinforcing CO<sub>2</sub> emissions factors.*

*It is proved that under the conditions of the warm winter the main determinants of the CO<sub>2</sub> emission evolution into the atmosphere from podzolized soils is their temperature and atmospheric pressure. It was revealed that the enhance effect of pressure impact on the carbon dioxide emission, which was indicated in "pre-freezing" period (I), due to the narrow soil temperature interval (from 1,0 to 7,1°C) and was observed in cases of jump-in pressure (not less than 1 mm Hg. per 1 hour and in total was  $\geq 3$  mm Hg.). It is found that minimum critical temperature by which carbon production is stopped for the investigated soil is 0.8°C. It is found out that the greatest emission of CO<sub>2</sub> into the atmosphere followed by atmospheric pressure in the range from 735 to 740 mm Hg.*

*Also found that correlation coefficients between the amount of emissions of carbon dioxide and temperature of sod-podzolic, light gray podzolic sandy soils and gray loamy soil are respectively  $r = 0,57$ ,  $r = 0,54$  and  $0,51$ .*

**Keywords:** *emission, CO<sub>2</sub> production, atmospheric pressure, temperature conditions, greenhouse gases, carbon dioxide, podzolized soils, cold period.*

УДК 631.43:631.436.6:631.445.2 (477.41/.42)

**П. И. Трофименко, канд. с.-х. наук, доцент****Н. В. Трофименко, канд. экон. наук, доцент***Житомирский национальный агроэкологический университет***ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОДУЦИРОВАНИЯ CO<sub>2</sub> ПОЧВАМИ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛЕСЬЯ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД**

*Отражены результаты исследований влияния атмосферного давления на интенсивность эмиссии CO<sub>2</sub> дерново-подзолистыми, светло-серыми супесчаными и серым легкосуглинистым, глееватыми почвами переходной части Центрального Полесья Украины. В работе выявлена неоднозначная роль давления на фоне трансформации абиотических условий атмосферы и в связи с процессами глобального потепления.*

*В работе впервые в условиях холодного периода на исследуемых почвах применен оригинальный способ измерения и вычисления объемов эмиссии CO<sub>2</sub>.*

*Показано, что в условиях холодного периода для выявления характера влияния абиотических факторов на формирование потоков диоксида углерода с оподзоленных почв Центрального Полесья Украины, целесообразно в его границах выделять отдельные части с разным температурным режимом - доморозную, морозную и послеморозную. Такой подход позволил в пределах указанных частей более рельефно показать очередность доминирования температуры почвы и атмосферного давления в качестве усиливающих эмиссию CO<sub>2</sub> факторов.*

*Доказано, что в условиях теплой зимы основными определяющими факторами протекания эмиссии CO<sub>2</sub> из исследуемых оподзоленных почв в атмосферу является их температура и атмосферное давление. Выявлено, что усиливающий эффект влияния давления на эмиссию диоксида углерода, который отмечен в доморозную часть холодного периода (I), обусловлен узким интервалом температуры почвы (от 1,0 до 7,1°C) и наблюдался в случаях резкого снижения давления (не менее 1 мм рт. ст. за 1 час и суме составило  $\geq 3$  мм рт. ст.). Установлено, что для исследуемых почв минимальной критической температурой, при которой прекращается продуцирование диоксида углерода, является 0,8°C. Выявлено, что наибольшие величины выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу сопровождалось атмосферным давлением в диапазоне от 735 до 740 мм рт. ст. Установлено, что коэффициенты корреляции между объемами эмиссии диоксида углерода и температурой дерново-подзолистой, светло-серой оподзоленных супесчаных глеевых почв и серой легкосуглинистой почвы составляют соответственно  $r = 0,57$ ,  $r = 0,54$  и  $0,51$ .*

**Ключевые слова:** эмиссия, продуцирование CO<sub>2</sub>, атмосферное давление, температурный режим, парниковые газы, диоксид углерода,

*оподзоленые почвы, холодный период.*

УДК 631.43:631.436.6:631.445.2 (477.41/.42)

**П. І. Трофименко, канд. с.-г. наук, доцент**

**Н. В. Трофименко, канд. екон. наук, доцент**

*Житомирський національний агроекологічний університет*

## **ВПЛИВ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОДУКУВАННЯ CO<sub>2</sub> ҐРУНТАМИ ПЕРЕХІДНОЇ ЗОНИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ В ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД**

*Висвітлено результати досліджень впливу атмосферного тиску на інтенсивність емісії CO<sub>2</sub> дерново-підзолистим, ясно-сірим супіщаними та сірим легкосуглинковим глеюватими ґрунтами перехідної частини Центрального Полісся України. Виявлено неоднозначну роль тиску на фоні трансформації абіотичних умов атмосфери та у зв'язку з процесами глобального потепління. Уперше в умовах холодного періоду застосовано оригінальний спосіб вимірювання та обчислення обсягу емісії CO<sub>2</sub> з досліджуваних ґрунтів. Показано, що в умовах холодного періоду для виявлення характеру впливу абіотичних чинників на формування потоків діоксиду вуглецю з опідзолених ґрунтів Центрального Полісся України доцільно в його межах виділяти окремі частини з різним температурним режимом – доморозну, морозну та післяморозну. Такий підхід дозволив у межах означених частин більш рельєфно показати черговість домінування температури ґрунтів й атмосферного тиску як підсилювальних емісію CO<sub>2</sub> чинників.*

*Доведено, що в умовах теплої зими та випадку періодичного та повного промерзання поверхні ґрунту основними зумовлюючими чинниками протікання емісії CO<sub>2</sub> з досліджуваних опідзолених ґрунтових відмін до атмосфери є їх температура та атмосферний тиск. Виявлено, що підсилюючий ефект впливу тиску на емісію діоксиду вуглецю, який відмічений в доморозну частину холодного періоду (I), зумовлений вузьким інтервалом температури ґрунту (від 1,0 до 7,1°C) і спостерігався у випадках різкого зниження тиску (не менше 1 мм рт. ст. за 1 годину, що сумі складає  $\geq 3$  мм рт. ст.). Встановлено, що для досліджуваних ґрунтів мінімальною критичною температурою, за якої припиняється продукування діоксиду вуглецю, є 0,8°C. Виявлено, що найвищі величини викидів CO<sub>2</sub> до атмосфери супроводжувалися атмосферним тиском в діапазоні від 735 до 740 мм рт. ст.*

*Встановлено, що коефіцієнти кореляції між обсягами емісії діоксиду вуглецю та температурою дерново-підзолистого, ясно-сірого опідзоленого супіщаних глеюватих ґрунтів й сірого легкосуглинкового глеюватого ґрунту становлять відповідно  $r = 0,57$ ,  $r = 0,54$  і  $0,51$ .*

**Ключові слова:** емісія, продукування CO<sub>2</sub>, атмосферний тиск, температурний режим, парникові гази, діоксид вуглецю, опідзолені

ґрунти, холодний період.

**Вступ.** Проблема зростання темпів підвищення концентрації парникових газів в атмосфері останнім часом є особливо гострою. У зв'язку з цим проблема пошуку джерел додаткового зв'язування вуглекислого газу лишається достатньо актуальною (Voigtman A. F., 1990). У контексті підсилення парникового ефекту ґрунтовий покрив агросфери та лісових формацій усе частіше розглядається науковцями як дієвий важіль регулювання обсягу парникових газів, у першу чергу, діоксиду вуглецю та метану. Ураховуючи поступове пом'якшення клімату, підвищення загальної глобальної температури повітря, нині більш рельєфно окреслюється проблема підсилення мінералізації органічної речовини в ґрунтах (Наумов А. В., 1994). Зважаючи на зазначене вище, тематична проблематика встановлення реальної ролі окремих абіотичних зумовлюючих чинників, які прискорюють продукування CO<sub>2</sub> ґрунтами, лишається важливим напрямом фундаментальних досліджень.

Останніми роками традиційно тепла зима в країнах східної Європи, до яких належать й Україна зі значними площами дерново-підзолистих, ясно-сірих та сірих опідзолених ґрунтів, призводить до посилення процесів мінералізації в них органічної речовини. Зазначена обставина зумовлює зміну співвідношення між емісійним обсягом CO<sub>2</sub> з ґрунтів до атмосфери у межах теплового та холодного періодів на користь останнього. При цьому часові інтервали й інтенсивність промерзання ґрунтів Полісся стають помітно менш істотними, а роль атмосферного тиску поряд з температурою ґрунтів та ґрунтовою вологою стає більш значущою. Вивчення особливостей впливу атмосферного тиску на швидкість дисипації парникових газів з ґрунту в зимовий період недостатньо (Головацкая Е. А., Дюкарев Е. А., 2012), тому і ступінь вивчення означеного питання є незначним.

Зважаючи на недостатню вивченість закономірностей впливу атмосферного тиску на швидкість та обсяг емісії CO<sub>2</sub> з окремих видів ґрунтів Полісся до атмосфери, а також виключну актуальність означеної проблеми, обрана тема досліджень набуває нової якості і потребує подальшого поглибленого вивчення.

**Метою досліджень** було в умовах *in situ* на закладених моніторингових точках протягом холодного періоду відстежити динаміку інтенсивності продукування діоксиду вуглецю ґрунтами, характерними для перехідної зони центрального Полісся України, та виявити характер зумовленості емісії діоксиду вуглецю під впливом абіотичних чинників – температури ґрунту й атмосферного тиску.

**Об'єкти і методи досліджень.** Дослідження проводили 2015–2016 рр. на території дослідного поля Житомирського національного агроекологічного університету на закладених моніторингових токах. Під час їх прив'язки використано прилад GPS Trimble R3, який у режимі динамічної зйомки забезпечив диференційну точність прив'язки в плані WAAS/EGNOS < 1 м.

У результаті було отримано координати в географічній системі координат WGS 84 (картографічна проекція UTM – універсальна проекція Меркатора), а також їх висоти над рівнем моря (табл. 1).

На моніторингових точках проведено подекадний замір емісії CO<sub>2</sub> з одночасним вимірюванням величин атмосферного тиску, температури повітря та ґрунту (0–3 см). З метою уникнення бічного газообміну на кожній точці, прив'язаній до геодезичної та висотної мереж, у ґрунт на глибину 0,10 м врізалися металеві обмежувачі з нержавіючого матеріалу діаметром 0,13 м.

Замір обсягу діоксиду вуглецю на основі камерного статичного методу проводили за допомогою металевої циліндричної камери з параметрами d=0,13 м, h=0,35 м, (V=0,0455 м<sup>3</sup>), яка з'єднувалася з врізаним у ґрунт циліндром, та газоаналізатора Testo-535. Обрахунок величини емісії здійснювався на основі подвійного вимірювання.

Розрахунок емісії CO<sub>2</sub> (E<sub>CO2</sub>), проводили за формулою, наведеною в джерелах (Trofimenko P. I., Trofimenko N. V., Borisov F. I., Zubova O. V., 2016; Трофименко П. І., Борисов Ф. І., 2015).

### 1. Назва ґрунтів та місцезонашення моніторингових точок

Номер точки	Назва ґрунту, культура	Координати		Н, м
		B	L	
T6	дерново-середньо підзолистий глеюватий супіщаний ґрунт на водно-льодовикових відкладах, Eutric Podzoluvisols (Pde) (FAO), жито озиме ( <i>Secale cereale</i> L.)	50°26'09,15"	28°41'37,67"	254,97
T8	ясно-сірий опідзолений глеюватий супіщаний ґрунт на лесовидних відкладах, підстелених з глибини 1,0-1,5 м водно-льодовиковими відкладами, Eutric Podzoluvisols (Pde) (FAO), спельта озима ( <i>Triticum spelta</i> L.)	50°26'21,00"	28°41'47,37"	252,46
T15	сірий опідзолений глеюватий супіщаний ґрунт на лесовидних відкладах, підстелених водно-льодовиковими відкладами, Haplic Greyzems (Grh) (FAO), спельта озима ( <i>Triticum spelta</i> L.)	50°26'27,98"	28°41'16,52"	247,97

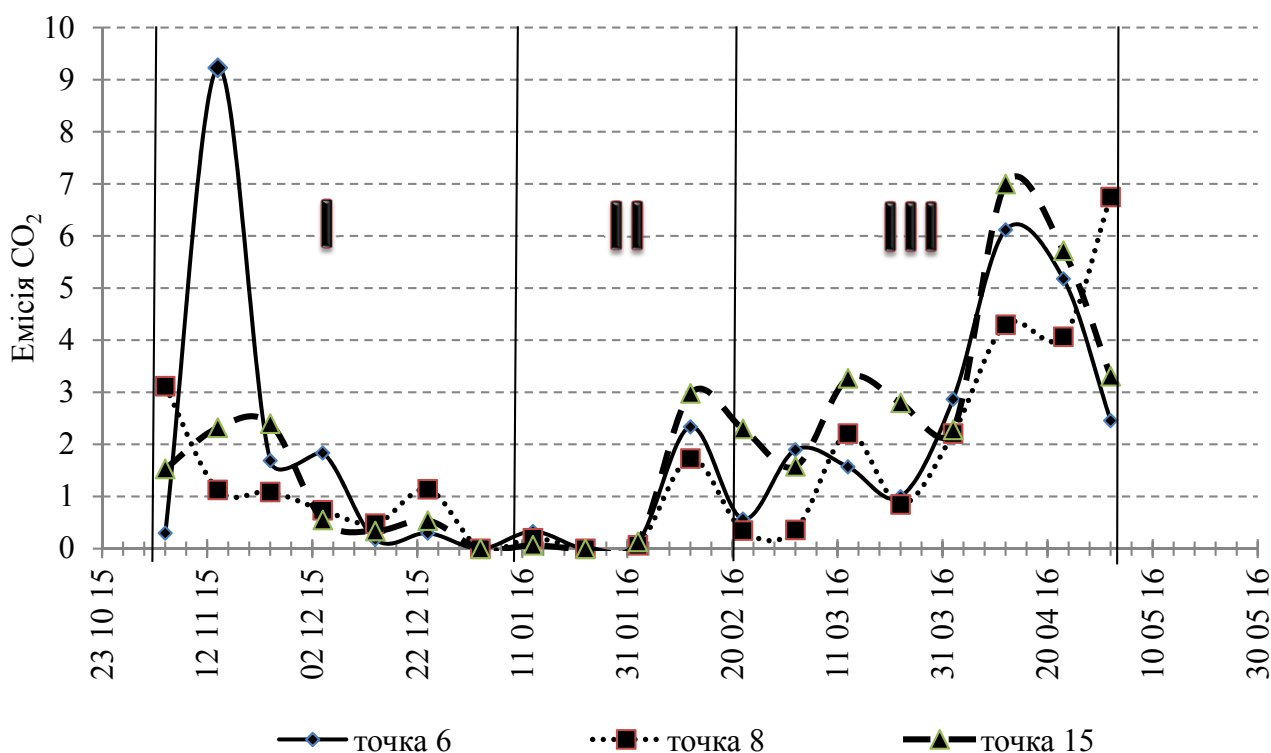
У відібраних ґрунтових зразках (28.10.15, 04.11.15) за стандартними методиками визначено основні ґрунтово-агрохімічні характеристики: гранулометричний склад ґрунту за Качинським (ДСТУ 4730:2007), уміст гумусу за Тюріним (ГОСТ 26213-91), уміст вуглецю органічної речовини (ДСТУ 4289), азот амонійний (ДСТУ 4729), рН водний (ГОСТ 26423-85), рН сольовий (ГОСТ 26483-85), уміст рухомого фосфору P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> та обмінного калію K<sub>2</sub>O за Чиріковим (ДСТУ 4115-2002) (табл. 2).

## 2. Характеристика ґрунтів

Номер точки	показники ґрунтів							
	вміст фіз. глина, %	гумус, %	вміст С, %	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>
T6	14,20	1,07	0,62	16,59	111,06	129,54	4,39	5,45
T8	19,03	1,76	1,02	18,42	91,03	69,29	5,01	5,82
T15	24,63	2,09	1,21	32,09	114,14	144,60	4,95	6,46

**Результати роботи.** У ході дослідження означеної проблеми холодний період (з 01.11.15 по 02.05.16) умовно було поділено на три частини: «доморозний» період (I) (з 01.11.15 до 24.12.15), «морозний» період (II) (з 24.12.15 до 02.02.16) та «післяморозний» період (III) (з 02.02.16 до 02.05.16).

У результаті досліджень встановлено, що в I і III частинах холодного періоду характер впливу атмосферного тиску на швидкість продукування діоксиду вуглецю з ґрунтів виявився неоднаковим. Загалом інтенсивність протікання емісії CO<sub>2</sub> з досліджуваних ґрунтів за холодний період 2015–2016 рр. підпорядкована температурному та водному режимам ґрунтів, характерним для досліджуваної території останніми роками, і має чітко виражений підково подібний характер (рис. 1).

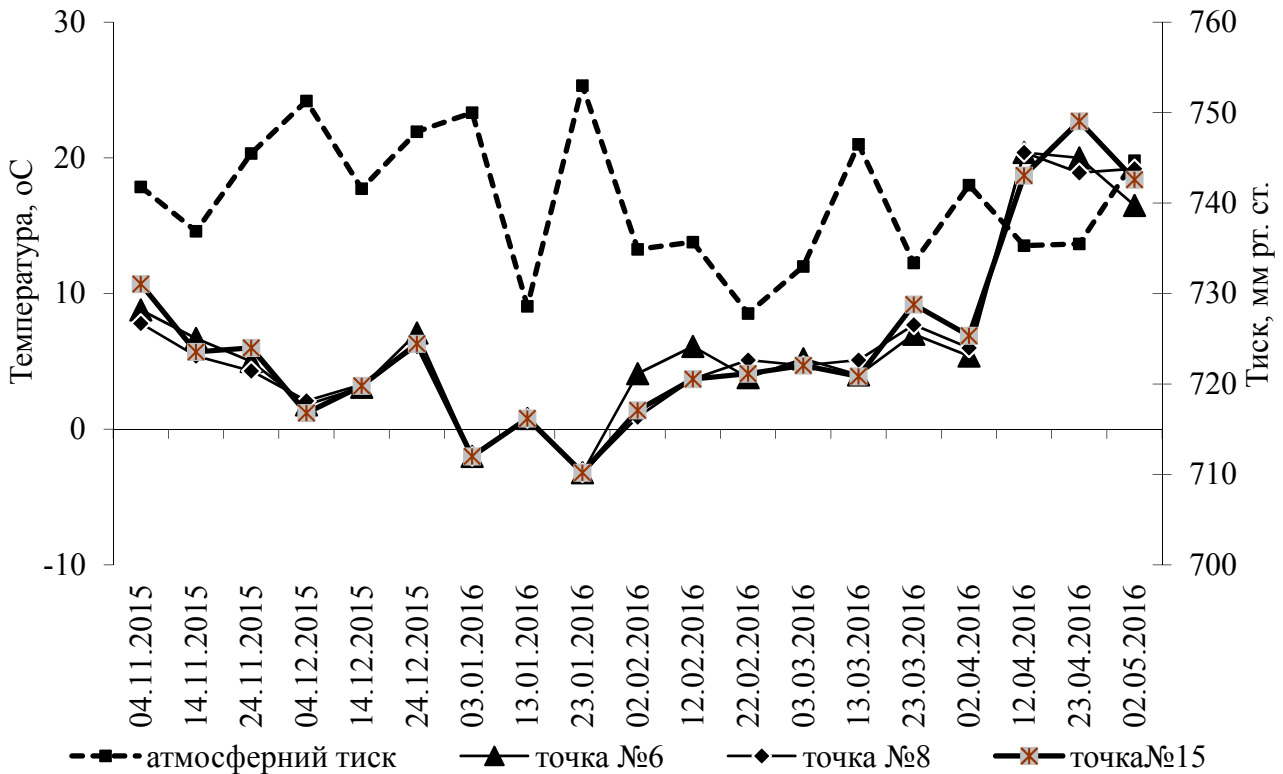


**Рис. 1.** Динаміка інтенсивності емісії CO<sub>2</sub> з опідзолених ґрунтів протягом холодного періоду, кг/га/год. (Назви ґрунтів згідно з моніторинговими точками відповідно до табл. 1. Частини холодного періоду відповідно: I – передморозний, II – морозний, III – післяморозний)

Дані рисунку свідчать, що після завершення промерзання ґрунтів (період II), спостерігається достатньо тривалий період відтавання-промерзання (III) зі

значними, неоднаковими за тривалістю емісійними сплесками діоксиду вуглецю, які відбуваються на фоні підвищеної вологості, унаслідок танення залишків снігу, а також атмосферних опадів. При цьому величини емісії CO<sub>2</sub> з ґрунтів у «післяморозному» періоді (III) є помітно вищими порівняно з відповідними значеннями «доморозного періоду» (I) (див. рис. 1).

Результати досліджень доводять, що загалом інтенсивність протікання емісії вуглекислого газу з ґрунтів підпорядкована динаміці їх температури протягом усього холодного періоду (рис. 2).



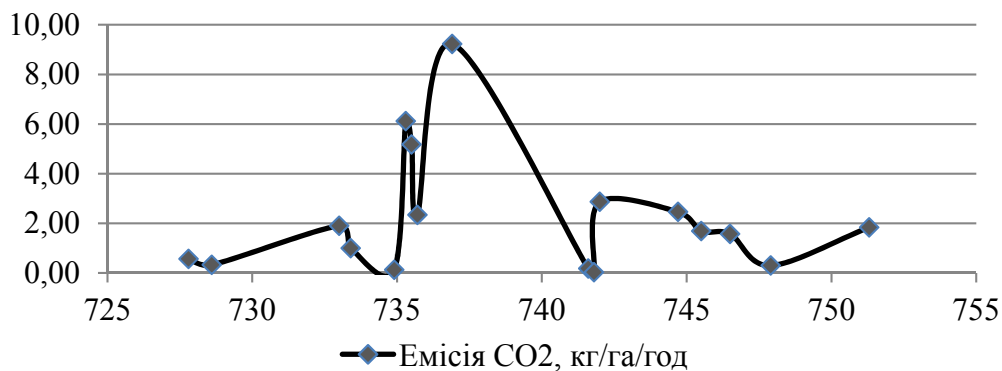
**Рис. 2.** Динаміка температури досліджуваних ґрунтів і середнього денного значення атмосферного тиску протягом холодного періоду (назви ґрунтів згідно з моніторинговими точками відповідно до табл. 1)

Коефіцієнти кореляції для дерново-підзолистого, ясно-сірого опідзоленого супіщаних та сірого опідзоленого легкосуглинкового глеуватих ґрунтів з їх температурою є значимими і становлять відповідно  $r = 0,57$ ,  $r = 0,54$  і  $r = 0,51$ . У ході досліджень встановлено, що означені емісійні викиди мають тенденцію до підсилення не лише внаслідок підвищення температури повітря, а також у зв'язку з різкими змінами величин атмосферного тиску, які водночас мають як добові, так і більш тривалі в часі коливання.

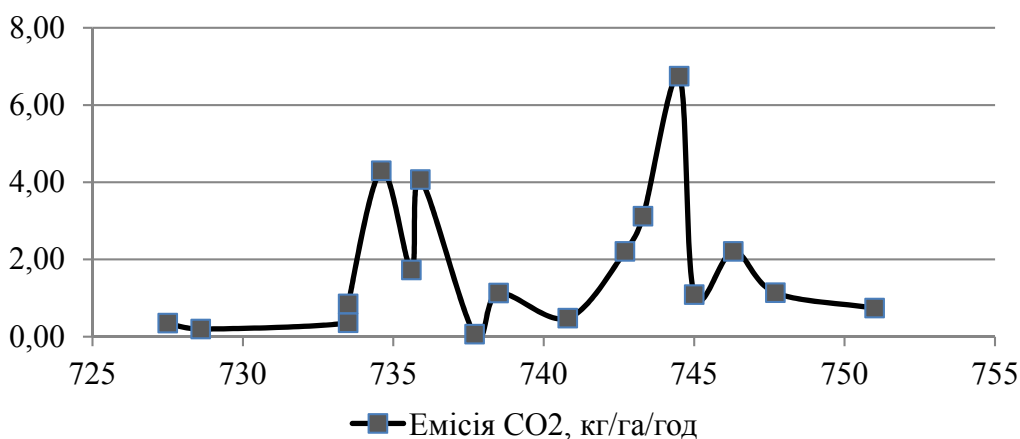
Найчастіше вплив атмосферного тиску на швидкість продукування діоксиду вуглецю спостерігався у випадках різкого зниження тиску, який становив не менше 1 мм рт. ст. за 1 годину і в сумі складав  $\geq 3$  мм. рт. ст. Однак, в окремих випадках підсилення дисипації CO<sub>2</sub> відбувалося паралельно з

підвищенням атмосферного тиску.

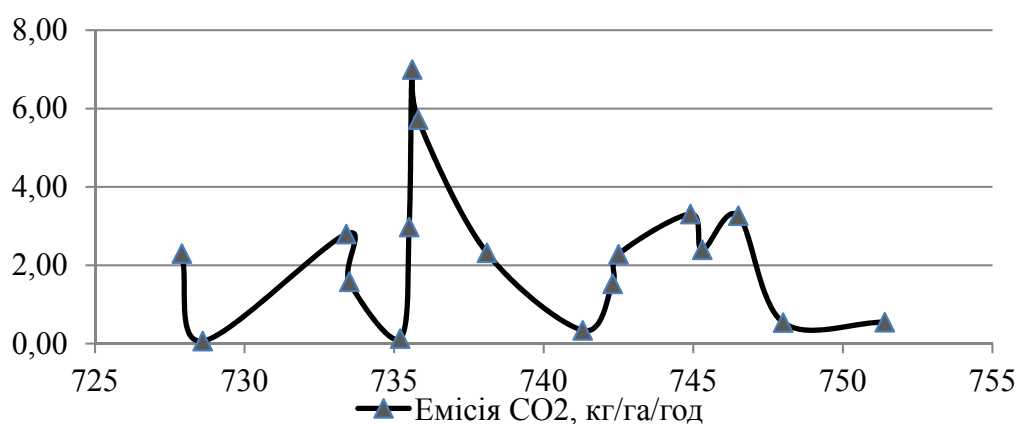
У «доморозний» період (І) найвищі величини викидів  $\text{CO}_2$  до атмосфери супроводжувалися атмосферним тиском, який знаходився в досить вузькому діапазоні від 735 до 740. Тоді як в «післяморозному» періоді діапазон тиску зі значними викидами  $\text{CO}_2$  був дещо ширшим, що узгоджується з декількома циклами відтавання-промерзання ґрунтів, які спричинили підсилення емісії  $\text{CO}_2$  (рис. 2).



моніторингова т. 6



моніторингова т. 8



моніторингова т. 15

**Рис. 3. Залежність емісії  $E_{\text{CO}_2}$  (кг/га/год.) від атмосферного тиску (мм. рт. ст.) (назви ґрунтів у відповідності до табл. 1)**



Протягом холодного періоду окремо для «доморозного» та «післяморозного» періодів між величиною емісії діоксиду вуглецю  $E_{CO_2}$  та атмосферним тиском  $P_1$  встановлено кореляційний зв'язок (табл. 3).

Значення температури ґрунтів «доморозного» періоду коливалися в діапазоні від 1,0 до 7,1°C, а в «післяморозному» – від 0,8 до 22,7°C. При цьому в польових умовах встановлено мінімальну граничну величину температури для всіх досліджуваних типів ґрунтів, за якої відбувається ледь помітне продукування  $CO_2$  переважною більшістю ґрунтів перехідної зони центрального Полісся ( $t = 0,8^\circ C$ ). У випадках, коли  $t < 0,8^\circ C$ , емісійних викидів не спостерігалось.

### 3. Кореляційна залежність між інтенсивністю емісії ґрунту ( $E_{CO_2}$ ) та атмосферним тиском

Номер моніторингової точки	Коефіцієнти кореляції	
	доморозний період, n = 6	післяморозний період, n = 10
T6	-0,56	0,13
T8	-0,11	0,49
T15	-0,48	0,09

\* назви ґрунтів відповідно до табл. 1.

Установлено, що характер зумовленості  $E_{CO_2}$  атмосферним тиском протягом холодного періоду, до і після промерзання ґрунтів, істотно відрізнявся. У «доморозний» період (I) спостерігалася зворотна залежність, тоді як у «післяморозному» періоді (II) – пряма, що свідчить про неоднозначну роль атмосферного тиску за неоднакових температурних режимів ґрунтів. Зворотна залежність інтенсивності емісії від атмосферного тиску узгоджується із законом Фіка. Сутність означеного закону в системі «ґрунт-атмосфера» полягає в тому, що у випадку пониження атмосферного тиску відбувається зростання різниці концентрацій  $CO_2$  в ґрунті і атмосферному повітрі, що спричиняє підсилення емісії газу до атмосфери. Таким чином, короткострокове порушення динамічної рівноваги, спричинене зміною атмосферного тиску, «спонукає» систему до її відновлення у вигляді збільшення емісійного потоку діоксиду вуглецю з ґрунту до атмосфери і триває до моменту її врівноваження.

За умов повторюваності циклів відтавання-промерзання ґрунтів, вплив атмосферного тиску на характер продукування  $CO_2$  ґрунтами Полісся, переважно, нівелювався, що слід вважати закономірним. При цьому роль температури ґрунтів поряд з атмосферним тиском як джерелами впливу на емісію, навпаки, зростала і ставала домінуючою.

**Висновки.** Дослідженнями доведено, що зважаючи на процеси глобального потепління та підвищення температури повітря в холодний період, роль атмосферного тиску як одного з важливих чинників, які зумовлюють характер емісії  $CO_2$  з ґрунтів до атмосфери, дещо трансформується. У результаті досліджень встановлено, що величини інтенсивності емісії  $CO_2$  опідзоленими

супіщаними ґрунтами Полісся України значною мірою залежать від абіотичних чинників – температури й атмосферного тиску. Останній протягом холодного періоду мав неоднаковий вплив на швидкість продукування діоксиду вуглецю. Особливо рельєфно підсилюючий ефект тиску на протікання емісії CO<sub>2</sub> з дерново-підзолистого, ясно-сірого та сірого опідзоленого глеюватих ґрунтів перехідної зони Центрального Полісся України проявився в «доморозний» період (І). Виявлений зворотний характер впливу атмосферного тиску на інтенсивність емісії CO<sub>2</sub> з опідзолених супіщаних глеюватих ґрунтів Полісся України до атмосфери в «доморозний» період (І), проявився на фоні незначного коливання температури ґрунту в шарі 0–3 см. При цьому роль атмосферного тиску поряд з температурою ґрунту виявилася домінуючою. Установлено, що коефіцієнти кореляції між обсягом емісії діоксиду вуглецю й температурою дерново-підзолистого, ясно-сірого опідзоленого супіщаних глеюватих ґрунтів і сірого легкосуглинкового глеюватого ґрунту становлять відповідно  $r = 0,57$ ,  $r = 0,54$  і  $0,51$ .

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

**Bouwman A. F.**, 1990, «Exchange of greenhouse gases between terrestrial Ecosystems and the Atmosphere», *Soils and the Greenhouse Effect*. Ed. A.F.

**Наумов А. В.** Сезонная динамика и интенсивность выделения CO<sub>2</sub> в почвах Сибири // *Почвоведение*. – 1994. – № 12. – С. 77–83.

*Naumov A. V.*, 1994, «Seasonal dynamics and intensity of CO<sub>2</sub> isolation in Siberia soils», *Soil science*, № 12, P. 77–83.

**Головацкая Е. А.** Влияние факторов среды на эмиссию CO<sub>2</sub> с поверхности олиготрофных торфяных почв Западной Сибири / Е. А. Головацкая, Е. А. Дюкарев // *Почвоведение*. – 2012. – № 6. – С. 658–667.

*Golovatskaya E. A., Dyukarev E. A.*, 2012, «The impact of environmental factors on CO<sub>2</sub> emissions from the surface of oligotrophic peat soils of Western Siberia», *Soil science*, № 6, P. 658–667.

**Trofimenko P. I., Trofimenko N. V., Borisov F. I., Zubova O. V.**, 2016, «The assessment of the effects of the atmospheric pressure on the intensity of CO<sub>2</sub> emission from polissya soils in the cold time period», in International Scientific Conference "Conserving Soils and Water 2016", August 31 - September 3, 2016, Burgas, Bulgaria, P. 36–38.

**Трофименко П. І.** Наукове обґрунтування алгоритму застосування камерного статичного методу визначення інтенсивності емісії парникових газів із ґрунту / Трофименко П. І., Борисов Ф. І. // *Міжвідом. тематич. наук. зб. Агрохімія і ґрунтознавство*. – 2015. – № 83. – С. 17–24.

*Trofymenko P. I., Borysov F. I.*, 2015, «Scientific substantiation of algorithm use static chamber method for determining the intensity of greenhouse gas emissions from soil», *Interdepartmental thematic scientific collection Agricultural Chemistry and Soil*, № 83, P. 17–24.