

УДК 581.5 + 551.583

Халаїм О. О., Вишенська І. Г.

ОСОБЛИВОСТІ ДОБОВОЇ ДИНАМІКИ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОТОКІВ ВУГЛЕЦЮ СТЕПОВИХ УГРУПОВАНЬ ПІВДЕННО-СХІДНОГО КРИМУ

Здійснено оцінку параметрів дихального газообміну степових угруповань протягом доби в період піку вегетації (травень) у порівнянні з даними наступного місяця (червень). Зафіксовано два піки продуктивності екосистеми протягом світлового часу доби. Запропоновано найдоцільніший часовий режим для щомісячних вимірювань чистого екосистемного обміну вуглецю та дихання екосистеми в рамках дослідження впливу змін рівня опадів на вуглецевий цикл трав'яних угруповань південно-східного Криму.

Ключові слова: карбоновий цикл, степові угруповання, добова динаміка, валова продуктивність екосистеми (GEP), чистий екосистемний обмін (NEE), дихання екосистеми (ER).

Процеси дихального газообміну педосфери, зокрема, обмін киснем і вуглекислим газом між ґрунтом, рослинами та атмосферою є важливою для вивчення ланкою у функціонуванні назем-

них екосистем [5]. У західній практиці оцінка екосистемних потоків вуглецю базується на використанні таких показників, як валова (первинна) продуктивність екосистеми (GEP, або GPP),

дихання екосистеми (ER) та чистий екосистемний обмін вуглецю (NEE, або NEP) [12–16], причому питання впливу абіотичних факторів середовища на ці показники є одним із ключових у багатьох дослідженнях біологічних наук [6].

Поняття чистого екосистемного обміну (в деяких джерелах трактується як чиста продуктивність екосистеми, NEP) є фундаментальною характеристикою екосистем [11]. Вперше NEP було визначено у 1968 р. [16] як різницю між кількістю органічного вуглецю, засвоєного під час фотосинтезу в екосистемі (валова продуктивність екосистеми) та загальним рівнем дихання екосистеми як суми автотрофного та гетеротрофного дихання (рис. 1).



Рис. 1. Схема процесів асиміляції та вивільнення вуглецю екосистемою через фотосинтез та дихання [10]: GPP – валова первинна продуктивність екосистеми, NPP – чиста первинна продуктивність, NEE – чистий екосистемний обмін, NEP – чиста екосистемна продуктивність

Від’ємні значення NEP (тобто зменшення концентрації вуглекислого газу в повітрі екосистеми) є показником продуктивності екосистеми, вони вказують на переважання процесів фотосинтезу над процесами дихання. Додатні значення цього показника означають вищий рівень вивільнення вуглецю під час дихання екосистеми, ніж поглинання вуглецю у процесі фотосинтезу. Інші джерела [15] доповнюють це визначення, пояснюючи NEP як темп, з яким вуглець акумулюється екосистемою в часовому вимірі:

$$NEP = \frac{dC}{dt} \quad (1)$$

Терміни NEE та NEP у західній літературі використовують як взаємозамінні, але NEE частіше трапляється у зв’язку з описами потоків, що вимірюються в часовому просторі як темп зміни концентрації вуглекислого газу в атмосферному повітрі, тоді як NEP частіше використовується в оцінці динаміки запасів вуглецю на більш глобальному рівні [10].

Періодичне вимірювання добової динаміки вуглецевих потоків протягом сезону вегетації є невід’ємною частиною процесу моделювання цілісної картини дихального газообміну екосистеми в річному масштабі. Інтегровані денні значення показників NEE, GEP і ER використовують для лінійної інтерполяції між добовими вимірюваннями, які проводять щомісяця, з метою оцінювання рівня асиміляції та вивільнення вуглецю за сезон вегетації і за рік [6].

Утім, кількісна оцінка показників продуктивності та дихання екосистеми дає змогу оцінити внесок окремих елементів системи у загальну картину кругообігу вуглецю. Загалом потоки вуглецю переміщуються на певній території так [4]:

- з атмосфери в екосистему (асиміляція вуглецю в процесі фотосинтезу);
- із резервуара живої біомаси у резервуар відмерлої органічної речовини (відпад та опад);
- із резервуару відмерлої органічної речовини у резервуар ґрунтів (гуміфікація органічної речовини);
- із резервуарів відмерлої органічної речовини та ґрунтів в атмосферу (процеси розкладання органічної речовини).

Інтенсивність переміщення вуглецю «з атмосфери в екосистему» та «з екосистеми в атмосферу» у процесі розкладання органіки можна оцінити, визначаючи рівень чистого екосистемного обміну та дихання екосистеми, що дає змогу аналізувати також рівень продуктивності екосистеми.

Метою цієї роботи є аналіз особливостей добової динаміки екосистемних потоків вуглецю степових угруповань на території дослідного стаціонару Карадазького природного заповідника (АР Крим). Окрім того, оцінка параметрів дихального газообміну протягом доби в період піку вегетації (травень) у порівнянні з даними наступного місяця (червень) дасть змогу обрати найдоцільніший часовий режим для щомісячних вимірювань чистого екосистемного обміну вуглецю та дихання екосистеми в рамках дослідження впливу змін рівня опадів на вуглецевий цикл трав’яних угруповань південно-східного Криму.

Об’єкти та методи дослідження

Опис експериментального полігону

Вимірювання добової динаміки екосистемних потоків вуглецю проводили на дослідному стаціонарі, побудованому в рамках наукового проекту «Нелінійна реакція степових екосистем України на зміни кількості опадів». Оскільки загальні цілі дослідження передбачають у тім чис-

лі виокремлення компонентів і процесів карбонового циклу екосистеми й аналіз змін вуглецевого балансу під впливом змін кількості опадів, необхідним є проведення вимірювань добової динаміки екосистемних потоків вуглецю в період пікової вегетації рослинних угруповань.

Стаціонар розташований у степовому передгір'ї (плато), на території Карадазького природного заповідника (АР Крим). Цей заповідник знаходиться на перетині гірської субсередземноморської та степової зон і водночас на межі помірної та субтропічної кліматичних зон [1], що робить дослідження з тематики кліматичних змін актуальнішими для цього регіону.

Рослинний покрив на дослідному стаціонарі є типовим для аридних передгірних степів Криму і являє собою типчакково-різнотравний степ зі значною участю (на деяких майданчиках – до 75–80 %) субсередземноморських ефемерних злаків та представників родини бобових. У цілому стаціонар представлений угрупованням саваноїдно-степового типу, що належать до ас. *Eryngio-Stipetum ponticae* Didukh 1983 і союзу *Veronici multifidae – Stipion ponticae* Didukh 1983. Основу формують однорічні злаки *Dasyphyrum villosum* та *Aegilops triuncialis*. Разом із тим співдомінантом є ксерофітний дернинний степовий злак *Festuca callieri*. [3].

Дослідний стаціонар складається з пробних ділянок розміром 2 x 2 м, на яких відбувається перерозподіл природного рівня опадів та відповідно моделювання різних режимів зволоження: збільшення та зменшення опадів на 20, 40, 60 %. Конструкції для регулювання кількості, збирання та перерозподілу опадів складено з прозорих акрилових ринв, які закріплені над кожною ділянкою таким чином, щоб певна кількість дощу потрапляла крізь щілини між ринвами на ділянку, а решта стікала на сусідню ділянку через систему розподільників та трубок. Саме тому ділянки розташовані попарно: на одній зменшується кількість опадів на певний рівень, а на іншій – збільшується зволоження на цей самий рівень (описано в попередніх роботах [2; 3]). Слід зауважити, що ринви з прозорого пластику (ACRYMA® 72,3 мм) забезпечують мінімальний вплив на інсоляцію та відповідні процеси фотосинтезу на ділянках, оскільки світлопропускна здатність пластику становить 92 %.

В основу експерименту закладено триразову повторюваність кожного рівня змін та три контрольні ділянки, у зв'язку з чим загальна кількість ділянок становить 21 шт. Добову динаміку екосистемних потоків вуглецю оцінювали, вимірюючи відповідні показники саме на контрольних ділянках за умов відсутності модифікації зволоження трав'яних угруповань.

Обладнання та матеріали

Показники чистого екосистемного обміну вуглецю та дихання екосистеми вимірювались на трьох контрольних ділянках № 1, 2, 3 камеро-статистичним методом за допомогою замкненої системи для вимірювання концентрації вуглекислого газу у повітрі (CO650 Plant CO2 Analysis Package, виробник Qubit Systems, Канада). Ця система передбачає пропускання повітря з визначеною швидкістю через респіраційну камеру, яка встановлюється на рамку, вкопану на 4 см у ґрунт дослідної ділянки. Швидкість проходження повітря регулюється повітряною помпою та ротаметром (рис. 2) і становить 650 мл/хв.



Рис. 2. Схема системи для вимірювання концентрації вуглекислого газу у повітрі

Концентрація вуглекислого газу вимірюється інфрачервоним газоаналізатором з використанням недисперсійної технології інфрачервоного випромінювання. Одночасно відбувається вимірювання температури та вологості повітря в системі за допомогою спеціального сенсора. Отримані дані в режимі реального часу через дата логер (Logger Pro 3) потрапляють на обробку в базу даних, що створюється програмним забезпеченням LabPro Interface.

Камеру для дослідження екосистемних потоків вуглецю сконструйовано з пластику ACRYMA® 72 3 мм за описами аналогічних експериментів у США та Китаї [12, 13]. Вона являє собою прозору кубічної форми конструкцію розмірами 0,5 x 0,5 x 0,5 м, із внутрішнього боку якої закріплено маленькій вентилятор для перемішування повітря в камері під час вимірювань. Камера герметично приєднується до системи пластиковими трубками; для попередження проникнення повітря у замкнену систему під час вимірювань вона встановлюється на спеціальну пластикову платформу 0,53 x 0,53 x 0,53 м. Платформи сконструйовані з пластикових куточків (1 мм) завширшки 4x4 см і вкопані у ґрунт кожної дослідної ділянки на відстані приблизно 30 см від найближчої межі ділянки. При встановленні камери на платформу всередину камери потрапляють рослини, які перебувають у

межах платформи. Прозорість камери забезпечує можливість проходження фотосинтезу всередині. Після вимірювання камеру перегортають на бік для провітрювання, знову встановлюють на платформу і накривають тканиною, що не пропускає сонячне світло. Таким чином припиняється асиміляція вуглецю і ми маємо змогу виміряти дихання екосистеми. Підвищення температури повітря під час вимірювань є меншим за 0,5 °C і не впливає на зміну концентрації вуглекислого газу в камері.

Використання аналогічних камер для вимірювання чистого екосистемного обміну та екосистемного дихання широко застосовувалось в багатьох попередніх дослідженнях [7; 8; 12; 17].

Освітленість вимірювали за допомогою люксметра Ю-116 протягом всього періоду спостережень.

Графік вимірювань

Вимірювання добової динаміки екосистемних потоків вуглецю проводили у період пікової біомаси (середина травня), з 20:00 18 травня по 19:30 19 травня (дні з ясною погодою); періодичність проб для кожної з трьох контрольних ділянок становила в середньому 25–45 хвилин. Додатково у червні було отримано дані з динаміки чистого екосистемного обміну вуглецю й екосистемного дихання, які вимірювали 20 червня з 06:00 по 12:00 та з 15:00 по 19:00. Такий часовий графік вимірювань базувався на аналізі травневої динаміки, враховуючи зміни інтенсивності екосистемного дихання та асиміляції вуглецю в різні періоди світлового дня.

Тривалість одного вимірювання (як NEE, так і ER) становить 3 хв; запис концентрації вуглекислого газу у повітрі ведеться з частотою 1 проба за одну секунду.

Обчислення вимірювальних показників

Показник валової продуктивності екосистеми (GEP) відображається як різниця між чистим

екосистемним обміном (NEE) та диханням екосистеми (ER) [6; 17]. Перерахунок зміни концентрації вуглекислого газу у повітрі з урахуванням температури повітря, площі поверхні ґрунту та об'єму камери розраховувався за формулою [9]:

$$F_c = \frac{VP_{av}}{RS(T_{av} + 273)} \times \frac{dC}{dt}, \quad (2)$$

де F_c – це концентрація вуглекислого газу на одиницю площі на одиницю часу ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$); V – об'єм повітря в системі, включаючи камеру (m^3); P_{av} – атмосферний тиск на момент вимірювань (кПа); R – константа ідеального газу ($8,314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$); S – площа поверхні ґрунту, накритего камерою (m^2); T_{av} – середня температура повітря на період вимірювань ($^{\circ}\text{C}$); dC/dt – кут нахилу лінійної апроксимації до графіка концентрацій CO_2 за певний проміжок часу.

Результати та обговорення

Вимірювання значень валової екосистемної продуктивності (GEP), чистого екосистемного обміну (NEE) та дихання екосистеми (ER) разом із допоміжними вимірами температури і вологості повітря та вологості ґрунту дало змогу оцінити динаміку процесів асиміляції та емісії вуглецю трав'янистими угрупованнями дослідного стаціонару в період піку біомаси, який в 2012 р. припав на травень. Для оцінки інтенсивності процесів фотосинтезу та дихання в період піку біомаси ми порівняли дані за травень з аналогічними вимірюваннями у червні 2012 р.

Так, динаміка значень показника GEP для обох місяців відображає наявність двох піків продуктивності екосистеми протягом світлового часу доби, який припадає на період приблизно з 05:00 по 21:00. Перший, найбільш виражений пік продуктивності у травні припадає на період з 07:30 до 09:30; у червні він зсувається та звужується до часового проміжку з 08:00 до 09:15 (рис. 3).

Другий добовий пік валової продуктивності екосистеми є менш вираженим; у травні він при-



Рис. 3. Динаміка значень валової екосистемної продуктивності (GEP) дослідних ділянок 1, 2, 3 у травні та червні 2012 року, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

падає на період з 15:00 до 16:45, у червні – з 15:30 до 16:30. Найнижчі значення продуктивності припадають на початок та кінець світлового періоду доби у зв'язку з недостатньою освітленістю; також значення продуктивності суттєво знижуються з 11:30 до 12:00 через надмірну для фотосинтетичної активності освітленість. Середня валова продуктивність трав'янистих угруповань вимірювальних ділянок є значно вищою у травні, що пояснюється більшою інтенсивністю екосистемного дихання у цей період.

Аналіз показника GEP по окремих ділянках показує суттєво вищі значення для ділянки 1 порівняно з ділянками 2 та 3 в червневому й травневому масивах даних (див. рис. 3). Під час вимірювань у травні в межах рамки (тобто всередині вимірювального квадрата) було виявлено невеликий підземний мурашник (або його частину), якій випадково потрапив в зону вимірювань при установці рамки в квітні. Наявність мурашника може бути причиною підвищених показників на цій ділянці, оскільки підвищення спостерігається по всіх параметрах рівномірно й основні риси добової динаміки є аналогічними до інших. Це підтверджують дані з динаміки чи-

стого екосистемного обміну (рис. 4), яка в більшості випадків є від'ємною, окрім травневих даних по ділянці 1, де всі значення вище нуля.

Як було зазначено, від'ємні значення показника NEE є індикатором переважання процесів асиміляції вуглецю екосистемою над його вивільненням у процесі дихання [14]. В нашому випадку пікові значення продуктивності збігаються з найвищими від'ємними значеннями NEE; в цілому цей показник є нижчим за нуль на усіх червневих ділянках з 08:00 до 18:45 (див. рис. 4), що показує більшу інтенсивність засвоєння вуглецю у червні, ніж у травні, коли NEE мав позитивні значення близько 12:00 та після 17:30.

Оскільки одним із завдань цього дослідження було визначення найбільш оптимального часового режиму для щомісячних вимірювань чистого екосистемного обміну вуглецю та дихання екосистеми в рамках оцінки впливу змін рівня опадів на вуглецевий цикл трав'яних угруповань південно-східного Криму, було необхідним також проаналізувати показники NEE і GEP з цієї точки зору. Як видно з рис. 3, найвищі значення продуктивності в обох місяцях припадають на

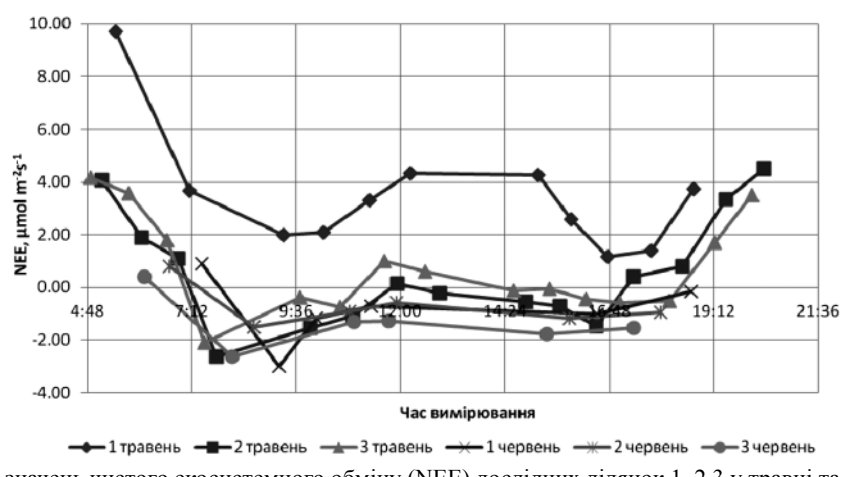


Рис. 4. Динаміка значень чистого екосистемного обміну (NEE) дослідних ділянок 1, 2, 3 у травні та червні 2012 року, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

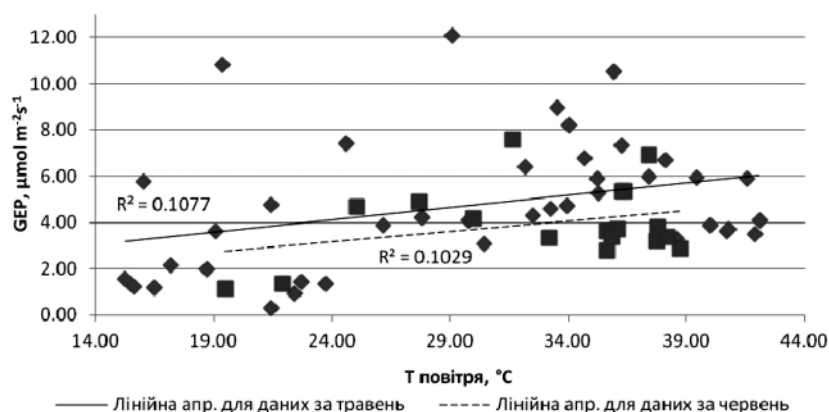


Рис. 5. Залежність валової продуктивності екосистеми (GEP, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) від температури повітря (T, °C) в травні (ромби) та в червні (квадрати)

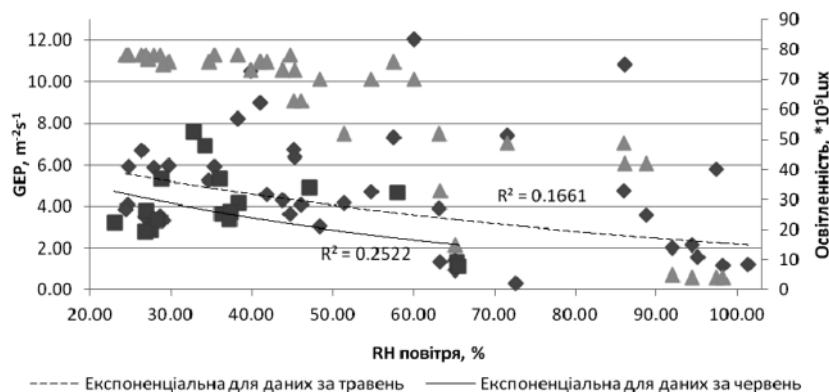


Рис. 6. Залежність валової продуктивності екосистеми (GEP, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) від вологості повітря (RH, %) в травні (ромби) та в червні (квадрати) з вказаною освітленістю (трикутники), 10^5 Lux

часовий проміжок приблизно з 08:00 до 11:00. Разом із тим, асиміляція вуглецю в процесі фотосинтезу, яка відображається негативними значеннями NEE, зафіксована одночасно в обох місяцях десь з 07:30 до 12:00 (див. рис. 4, включаючи значення для ділянки 1 в травні). Таким чином, протягом річного періоду вегетації можна говорити про найбільшу ефективність щомісячних вимірювань вищезазначених показників з 08:00 до 12:00 (з урахуванням поступового зниження сонячної активності ближче до кінця осені).

Якщо проаналізувати залежність валової продуктивності екосистеми від таких абіотичних факторів, як температура та вологість повітря й освітленість, можна побачити взаємозв'язки різних типів. Так, продуктивність мала позитивну залежність від температури повітря як в травні (достовірність апроксимації $R^2 = 0,1077$), так і в червні ($R^2 = 0,1029$) (рис. 5).

На відміну від температури повітря, вологість повітря впливає на рівень продуктивності екосистеми зворотним чином (див. рис. 6); при збільшенні рівня вологості повітря продуктивність плавно зменшується в обох досліджуваних місяцях (для травня величина достовірності становить $R^2 = 0,1661$; для червня $R^2 = 0,2522$). Однак цю залежність слід розглядати у зв'язку з динамікою вологості повітря протягом доби, яка, своєю чергою, пов'язана з динамікою освітленості.

Найбільші показники вологості протягом світлового періоду доби зафіксовано між четвертою та шостою годинами ранку, коли рівень освітленості є мінімальним та продуктивність, відповідно, також мінімальна. Дані з освітленості, зображені на рис. 6, показують, що рівень освітленості має певний зворотний зв'язок із вологістю повітря.

Таким чином, аналіз отриманих даних із добової динаміки чистого екосистемного обміну, валової продуктивності екосистеми та додаткових параметрів середовища (температура, воло-

гість повітря, освітленість) для трав'яних угруповань дослідного стаціонару Карадазького природного заповідника показує, по-перше, наявність двох піків продуктивності протягом світлового періоду доби; по-друге, переважання травневого рівня середньої валової продуктивності досліджуваних ділянок над червневим GEP; і по-третє, наявність певних прямих і зворотних залежностей між продуктивністю екосистеми та динамікою температури, вологості повітря й освітленості.

Висновки

1. Середня валова продуктивність трав'янистих угруповань на дослідних ділянках є значно вищою у травні, що пояснюється вищою фотосинтетичною активністю рослин за більш сприятливих кліматичних умов у цей період порівняно з червнем.
2. Аналіз отриманих даних показує наявність двох піків продуктивності екосистеми протягом світлового часу доби. Перший, найвищий, пік продуктивності у травні припадає на період з 07:30 до 09:30; у червні він зсувається та звужується до часового проміжку з 08:00 до 09:15. Другий пік є менш вираженим; у травні він припадає на період з 15:00 до 16:45, у червні – з 15:30 до 16:30.
3. Дослідження показали, що найвищі середні значення валової продуктивності екосистеми в обох місяцях припадає приблизно на період з 08:00 до 12:00. Це дає підставу вважати цей часовий проміжок найбільш доцільним для формування щомісячного графіка вимірювань показників NEE та ER (з урахуванням поступового зниження сонячної активності ближче до кінця осені).
4. Валова екосистемна продуктивність мала позитивну залежність від температури повітря як в травні (достовірність апроксимації $R^2 = 0,1077$), так і в червні ($R^2 = 0,1029$); зво-

ротний зв'язок виявлено з показником вологості повітря (для травня $R^2 = 0,1661$ й для червня $R^2 = 0,2522$), який, своєю чергою, має зворотну залежність від рівня освітленості.

5. Виконаний аналіз особливостей добової динаміки екосистемних потоків вуглецю на трьох контрольних ділянках дослідного стаціонару (Карадазький природний заповідник, АР Крим) дає змогу подальшого оцінювання рівня асиміляції та вивільнення вуглецю за сезон вегетації й за рік, а також надає емпі-

ричні підстави для корегування графіка вимірювань показників динаміки потоків вуглецю в рамках експеримента з модифікації режимів зволоження трав'яних угруповань південно-східного Криму.

Роботу виконано в рамках проекту «Нелінійна реакція степових екосистем України на зміни кількості опадів» за фінансової підтримки Фонду цивільних досліджень США (CRDF) та Держкомінформнауки України.

Література

1. Природа Карадага / М. М. Бескаравайний, Н. С. Костенко, Л. П. Миронова і др. [Под ред. А. Л. Морозовой, А. А. Вронського]. – К.: Наук. думка, 1989. – 288 с.
2. Дідух Я. П. Реакція карбонового циклу степових угруповань на зміни рівня опадів: стан досліджень та перспективи дослідного стаціонару у південно-східному Криму / Я. П. Дідух, О. О. Халаїм, І. Г. Вишенська // Наукові записки НАУКМА. Біологія та екологія. – 2011. – Т. 119. – С. 46–51.
3. Дідух Я. П. Реакція трав'яних угруповань на штучну зміну кількості опадів у Карадазькому природному заповіднику: висхідний стан експерименту / Я. П. Дідух, О. Л. Кузьманенко, Л. П. Миронова // Український ботанічний журнал. – 2012. – у друці.
4. Пастернак В. П. Методологічні основи встановлення динаміки вуглецю у лісових екосистемах / В. П. Пастернак // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2009. – Вип. 135. – С. 205–210.
5. Шпаківська І. М. Вплив температури на дихальний газообмін ґрунтів верхньої межі лісу Чорногірського масиву українських Карпат / І. М. Шпаківська // Збірник наук. праць Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди «Біологія та валеологія». – 2009. – Вип. 11. – С. 137–143.
6. Bachman S. Elevated carbon dioxide alters impacts of precipitation pulses on ecosystem photosynthesis and respiration in a semi-arid grassland / S. Bachman, J. W. Heisler-White, E. Pendall et al. // *Oecologia*. – 2010. – Vol. 162. – P. 791–802.
7. Bubier J. L. Effects of nutrient addition on vegetation and carbon cycling in an ombrotrophic bog / J. L. Bubier, T. R. Moore, L. A. Bledzki // *Global Change Biology*. – 2007. – Vol. 13. – P. 1168–1186.
8. Response of net ecosystem gas exchange to a simulated precipitation pulse in a semi-arid grassland: the role of native versus non-native grasses and soil texture / T. E. Huxman, J. M. Canham, D. D. Ignace et al. // *Oecologia*. – 2004. – Vol. 141. – P. 295–305.
9. Jasoni R. L. Net ecosystem CO₂ exchange in Mojave Desert shrublands during the eighth year of exposure to elevated CO₂ / R. L. Jasoni, S. D. Smith, J. A. Arnone // *Global Change Biology*. – 2005. – Vol. 11. – P. 749–756.
10. Definitions Of Some Ecological Terms Commonly Used In Carbon Accounting / M. U. F. Kirschbaum, D. Eamus, R. M. Gifford et al. // *Net Ecosystem Exchange. Workshop Proceedings CRC for greenhouse accounting*. – 2001. – P. 2–5.
11. Lovett G. M. Is Net Ecosystem Production Equal to Ecosystem Carbon Accumulation? / G. M. Lovett, J. J. Cole, M. L. Pace // *Ecosystems*. – 2006. – Vol. 9. – P. 152–155.
12. Nitrogen effects on net ecosystem carbon exchange in a temperate steppe / S. Niu, M. Wu, Yi Han et al. // *Global Change Biology*. – 2010. – Vol. 16. – P. 144–155.
13. Water-mediated responses of ecosystem carbon fluxes to climatic change in a temperate steppe / S. Niu, M. Wu, Yi Han et al. // *New Phytologist*. – 2008. – Vol. 177. – P. 209–219.
14. Effects of an increase in summer precipitation on leaf, soil, and ecosystem fluxes of CO₂ and H₂O in a sotol grassland in Big Bend National Park, Texas / L. Patrick, J. Cable, D. Potts et al. // *Oecologia*. – 2007. – Vol. 151. – P. 704–718.
15. Net ecosystem production: a comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems / J. T. Randerson, F. S. Chapin, J. W. Harden et al. // *Ecological Applications*. – 2002. – Vol. 12 (4). – P. 937–947.
16. Woodwell G. M. Primary production in terrestrial ecosystems / G. M. Woodwell, R. H. Whittaker // *Am Zoologist*. – 1968. – Vol. 8. – P. 19–30.
17. Xia J. Response of ecosystem carbon exchange to warming and nitrogen addition during two hydrologically contrasting growing seasons in a temperate steppe / J. Xia, S. Niu, S. Wan // *Global Change Biology*. – 2009. – Vol. 15. – P. 1544–1556.

O. Khalaim, I. Vyshenska

CHARACTERISTICS OF DAILY DYNAMICS OF ECOSYSTEM CARBON CYCLING IN GRASSLANDS IN SOUTH-EASTERN CRIMEA

The estimation of the parameters of the daily dynamics of respiratory gas exchange in steppe communities has been conducted during the peak growing season (May) in comparison with the data of the next month (June). It was shown the two peaks of ecosystem productivity during light time of day. A most expedient time mode for monthly measurements of net ecosystem exchange of carbon and ecosystem respiration in the study of the impact of changes in the level of precipitation on the carbon cycle of grassland communities in South-East Crimea was proposed.

Keywords: carbon cycle, grasslands, daily dynamics, Gross Ecosystem Productivity (GEP), Net Ecosystem Exchange (NEE), Ecosystem Respiration (ER).

Матеріал надійшов 25.06.2012