

26 thousand hectares. The area of the bottom reaches 1,000 hectares. The gley soils (solod soils) are typical for the bottom of the hearth, and dark-chestnut or leached meadow gley soils are typical for the slopes. This area is characterized by recurrent floods (summer-autumn and winter-spring), and the latest ones have happened much more frequently. Flood inundations of Velykyi Chapelskyi Pid happen every 7 years. The latest flood occurred in February 2010. Another important factor that impacts Velykyi Chapelskyi Pid vegetation is grazing by ungulates, which are dependents at the "Askania Nova" zoo. The method of principal components was used for the investigation. The numbers of the main components are obtained for the detailed clusters. The time series of NDVI vegetation index analysis of Velykyi Chapelskyi Pid showed that dominant and common both for the meadow and steppe vegetation is a period of 173 days, which is close to a six-month cycle. It was also found out that the main components of meadow vegetation of the hearth bottom and its slopes reflected almost identical oscillatory periods, while for zonal (steppe) vegetation these periods were different because of the different biomorphological composition of these groups, and therefore different response to the impact of external conditions (grazing and changes in the hydrogenous mode). This research confirmed the feasibility of using remote sensing research methods for a more detailed study of dynamic processes occurring in ecosystems. One of these areas is the study and analysis of time series of NDVI index.

Keywords: Biosphere Reserve "Askania-Nova", grasslands, NDVI index, grazing, hydrogenous mode, recurrent flooding.

Матеріал надійшов 15.03.2016

УДК 58.056+581.55

Вишенська І. Г., Жовтенко А. А., Добра І. С.

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА АКУМУЛЯЦІЮ ВУГЛЕЦЮ В КОМПОНЕНТАХ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ ДУБОВОГО ФІТОЦЕНОЗУ

У трирічному дослідженні лісової підстилки та трав'янистого ярусу дубового фітоценозу було оцінено вміст вуглецю в складових підстилки та його річну динаміку. Виявлено вплив кліматичних чинників на запас вуглецю в окремих компонентах лісової підстилки. Кореляційний аналіз засвідчив зв'язок кількості депонованого вуглецю від температурного режиму та кількості атмосферних опадів у період, що передував проведенню вимірам. Результати дослідження підтвердили значний вплив змін температури та кількості атмосферних опадів на вміст органічного вуглецю в лісовій підстилці.

Ключові слова: лісова підстилка, органічний вуглець, кліматичні фактори, дубовий фітоценоз.

Вступ

Запас вуглецю в лісовій підстилці відображає баланс процесів накопичення органічної речовини за рахунок надходження опаду та його деградації й переходу решток органічних та мінеральних речовин до складу ґрунту. Своєю чергою дослідження розподілу запасу за компонентами підстилки, який є специфічним для кожного типу

лісу, дає змогу оцінити функціональний стан лісової екосистеми й краще зрозуміти динаміку розкладання підстилки.

На часі стоїть розробка нових методів моніторингу лісових екосистем України на основі дослідження стану особливого біогеоценотичного компоненту – лісової підстилки в умовах зростаючих темпів глобальної зміни клімату. Важливою складовою такого моніторингу повинна стати оцінка

запасу органічної речовини в компонентах екосистеми та їхньої ролі як природних депо CO_2 , зростання концентрації якого в атмосферному повітрі є одним з головних факторів глобальних кліматичних змін [1; 3].

На основі даних метеорологічних спостережень і даних щодо запасу органічних речовин у різних компонентах лісової підстилки на ділянках дубового лісу у заказнику «Лісники» з використанням методів кореляційного статистичного аналізу даних проведено аналіз динаміки зміни стану особливого біогеоценологічного компонента лісових екосистем – лісової підстилки.

Підстилкою у лісових екосистемах більшість дослідників визнає верхній шар відмерлих решток частин надземної рослинності. Серед компонентів підстилки розрізняють листя (листовий опад), гілки, плоди, детрит і відпад кори, суцвіть тощо. До детриту відносять рештки, які складаються з подрібнених, майже перегнилих частинок різних компонентів опаду, що вже втратили первинну форму [5–7]. Швидкість процесів розкладу підстилки залежить як від самого компонента, так і від виду рослини. Г. Г. Постолаке [5] виявив, що серед деревних порід найбільша швидкість розкладання спостерігається у листя ясеня, липи, клена гостролистого і граба. Підстилки, утворені цими видами, в основному характеризуються одношаровістю і в середині літа вкривають поверхню лише фрагментарно. Такі підстилки розкладаються протягом одного року. Дещо повільніше розкладається листя граба і клена татарського. З усіх деревних та чагарникових порід найдовший період розкладання листя бука і дуба.

Об'єкти та методи дослідження

Дослідження акумуляції вуглецю у лісовій підстилці дубового лісу проводили в зеленій зоні міста Києва на території заказника «Лісники». Дослідна ділянка розташована в кв. 12 Конча-Заспівського лісництва в заплаві річки Сіверки на невисокому піщаному підвищенні – залишку борової тераси Дніпра, що має назву «Острів Великий». Тут формуються дерново-підзолисті кислі ґрунти, а рослинність представлена дубовими лісами, що належать до асоціації кл. *Quercetea robori-petraeae* природного походження. Високі (понад 20 м) деревостани дуба мають вік понад 100 років, а другий ярус формують інші листяні породи (ясен, клен гостролистий, татарник, липи). Чагарниковий ярус досить розвинутий

і створений ліщиною, трав'яний покрив розрізаний. Більш детальний опис ділянок ми наводили у попередній роботі [2].

На моніторингових ділянках підстилку досліджували у 2008–2010 рр. за стандартними методиками [4]. Проби відбирали з ділянок 50 см × 50 см у чотирикратній повторності щомісяця з березня по листопад і розбирали на основні компоненти: гілки та кора, власне листовий опад (листя), плоди та детрит. Для кожного компонента визначали вміст сухої органічної речовини і перераховували на вуглець відповідно до прийнятих методик за коефіцієнтом 0,35 [6]. Отримані за три роки спостережень дані аналізували за місяцями та сезонами і зіставляли з метеорологічними даними відповідного періоду. Коефіцієнти кореляції розраховували в статистичній програмі SPSS (версія 16.0 для Windows, USA).

Результати досліджень

У підстилці дубового лісу найбільший вміст органічного вуглецю – в її активній фракції (листя + детрит), що дорівнювало приблизно 73–81 % від загального вмісту у підстилці (табл. 1). Решту становила інертна фракція, до якої належать гілки і плоди як складові підстилки і трава. Найбільша частка акумульованого вуглецю містилась у детриті, проте цей показник має значні відмінності у різні періоди року – від 55 % до 69 % (за підсумком року). Разом з тим зменшується частка листя у загальному розподілі вмісту вуглецю з 26 % до 8 %. Отже, можемо говорити про наявність від'ємної кореляції між двома компонентами. Частка плодів і трави залишалась малою впродовж всього річного періоду і суттєво не впливала на загальний розподіл. Зміна вмісту вуглецю у основних компонентах впродовж періоду досліджень не була монотонною, проте чітко прослідковувалась залежність між кількістю акумульованого вуглецю у складових підстилки та основні тенденції її накопичення.

Дані усередненого за три роки досліджень вмісту вуглецю у лісовій підстилці дубового лісу за компонентами наведено в табл. 1. На листовий компонент підстилки припадало близько 15 % у загальному розподілі акумульованого вуглецю. Згідно з проведеним аналізом, значення вмісту вуглецю у цьому компоненті найбільші в осінній період, а саме у вересні місяці, що пояснюється збільшенням кількості листя у зв'язку з опадом (рис. 1, а).

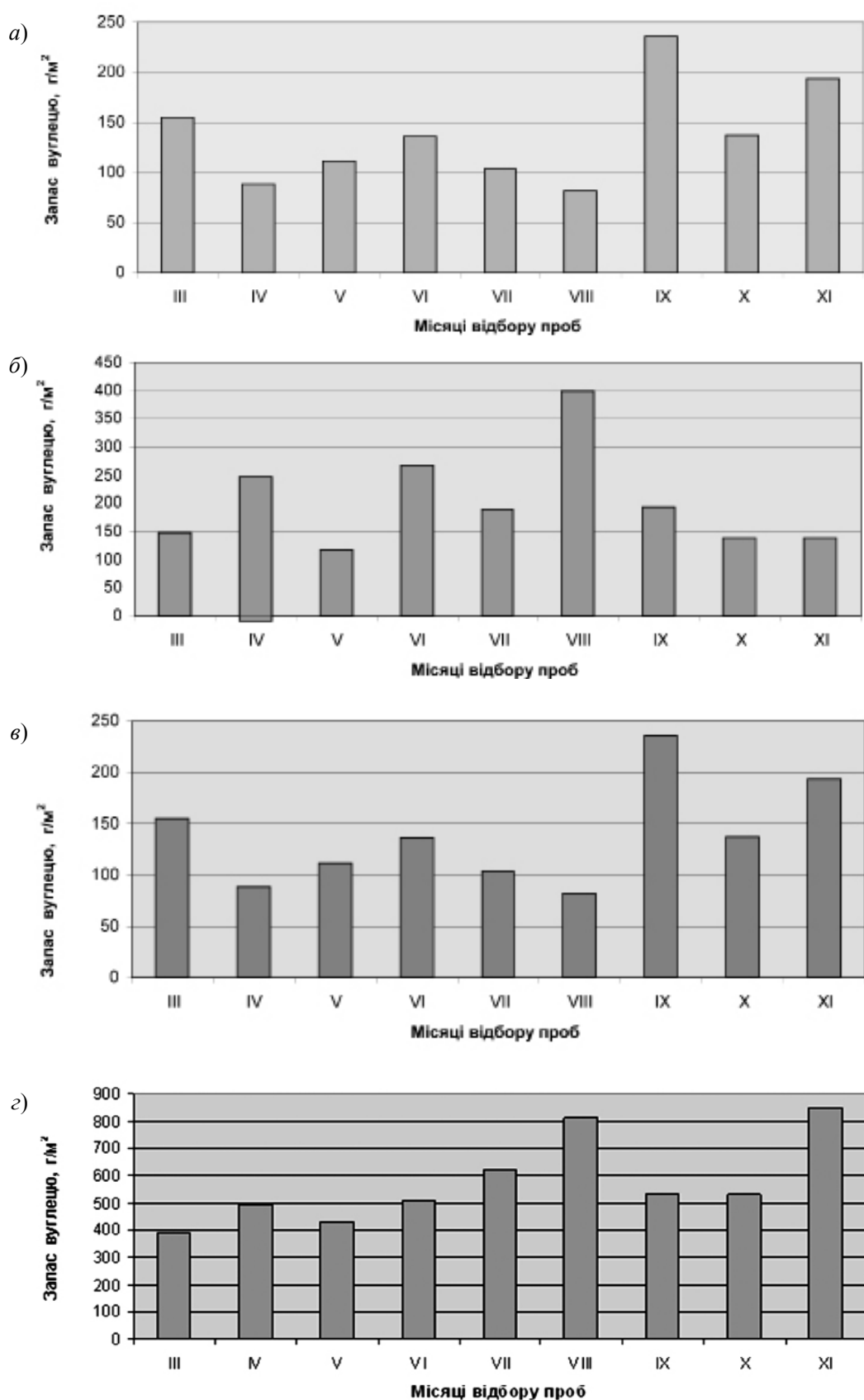


Рис. 1. Сезонна динаміка вмісту вуглецю у компонентах підстилки дубового лісу, г/м²:
а) листя; б) гілки; в) плоди; г) детрит

Таблиця 1. Вміст вуглецю у компонентах лісової підстилки дубового лісу у г/м², значення усереднені за період 2008–2010 рр.

Місяці / компоненти підстилки	Листя	Гілки	Плоди	Детрит	Трава
III	154,9 ±11.2	148,7 ±9.1	7,5 ±1.1	386,3 ±12.4	2,9 ±0.3
IV	88,2 ±5.1	257,3 ±18.3	19,0 ±2.4	492,5 ±8.2	25,3 ±4.1
V	112,5 ±5.4	118,1 ±10.8	4,5 ±0.5	430,2 ±9.0	16,6 ±2.3
VI	135,5 ±7.2	268,1 ±26.1	63,5 ±6.7	508,3 ±13.2	25,3 ±2.6
VII	103,4 ±4.8	189,3 ±12.3	21,9 ±3.2	624,9 ±11.2	23,4 ±2.1
VIII	82,7 ±3.2	398,8 ±28.9	3,4 ±0.1	813,1 ±18.4	6,5 ±0.5
IX	235,6 ±7.6	192,8 ±21.3	19,3 ±0.6	530,9 ±15.6	9,3 ±1.8
X	137,2 ±6.1	137,3 ±15.1	12,4 ±1.8	532,3 ±23.2	5,6 ±0.3
XI	193,1 ±5.8	139,3 ±7.4	7,6 ±1.2	849,7 ±18.7	6,4 ±0.8

У весняні місяці в підстилці дубового лісу зберігалось листя дуба, що опадало протягом зими. У квітні–червні спостерігається збільшення вмісту акумульованого вуглецю у цьому компоненті. Мінімальне значення запасу вуглецю було в серпні: 82,65 г/м². Восени, у вересні місяці, у листяному компоненті було накопичено найбільшу кількість вуглецю: 235,62 г/м².

Частка опадів гілок у дубовому фітоценозі була значною і становила у середньому 16–21 %, наближаючись за кількістю акумульованого вуглецю до листяного компоненту (25–31 %). Значення цього показника варіювали впродовж березня–листопада і досягали піку у серпні місяці (рис. 1, б). Різкі стрибки значень упродовж квітня–червня можна пояснити змінами погодних умов, а саме швидкості, сили і напрямку вітру, під дією якого значна кількість гілок ламалась і опадала.

Показники за компонентом «плоди» у підстилці дубового лісу не впливали на загальний розподіл акумульованого вуглецю і складали до 2 % (рис. 2).

Кількість депонованого вуглецю жолудів зростала від літа до осені, що пояснюється тим, що жолуді дозрівають протягом літа і восени опадають на земну поверхню, поповнюючи тим самим лісову підстилку і запаси вуглецю (рис. 1, в).

Одночасно з оцінкою вуглецевого запасу в підстилці проводили оцінку акумуляції вуглецю в трав'яному ярусі. Найбільші значення запасу вуглецю спостерігались у квітні – липні (до 25,3 г/м²). Восени цей запас переходив до складу підстилки.

Динаміка вмісту вуглецю в окремих складових підстилки не була лінійною, найбільші значення – в серпні та листопаді (рис. 2). Це можна пояснити підвищенням температури у літні

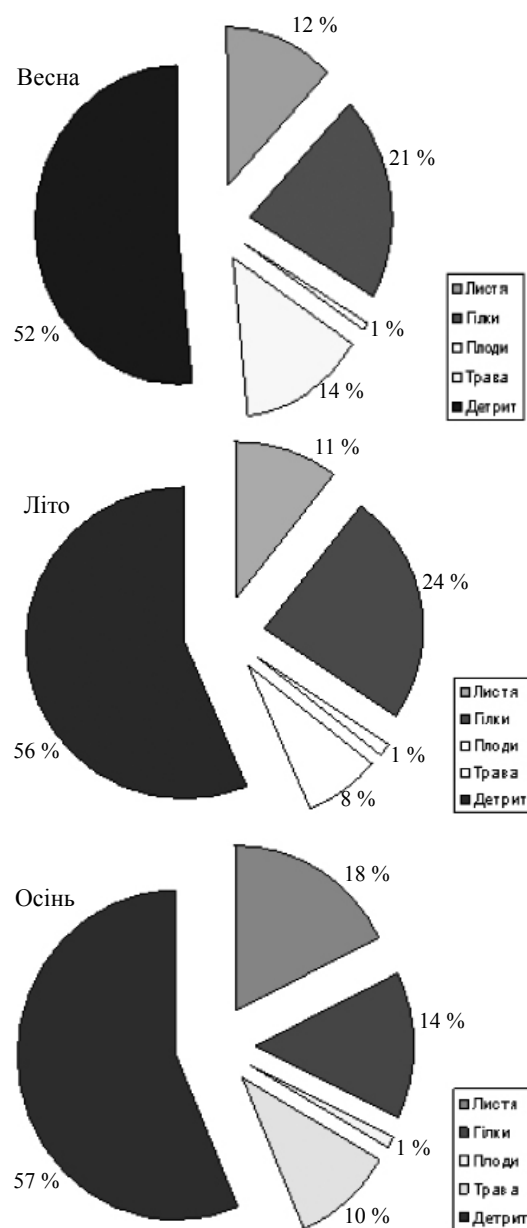


Рис. 2. Співвідношення запасу вуглецю між компонентами підстилки дубового лісу за сезонами (усереднено за роками), %

місяці, що сприяло прискоренню мінералізації біомаси, і накопиченням потужного шару детриту під кінець осені у зв'язку з інтенсивними процесами опадів листя.

Усереднений за період 2008–2010 рр. відсотковий вміст детриту у підстилці з весни до осені збільшувався рівномірно.

Кореляційний аналіз залежностей між складовими лісової підстилочки та кліматичними факторами

У дубовому деревостані навесні простежувалась кореляція листового опадів з середньою температурою за три місяці до спостереження, при цьому $R = -0,765$ з коефіцієнтом достовірності $0,01$. Тобто, простежується обернено пропорційна залежність: кількість опадів зростає при зниженні температури повітря у попередні 3 місяці.

Також спостерігалась висока кореляція складових підстилочки між собою – гілок, листового опадів та детриту. Найвищий показник кореляції між вмістом вуглецю у гілках та листовому опаді, $R = 0,962$, з достовірністю $0,05$. Ці значення вказують на сильний, позитивний кореляційний зв'язок між ними.

Кореляція детриту і листя та детриту з високим коефіцієнтом достовірності $0,05$ і сильним кореляційним зв'язком, $R = 0,972$. Опад листя є одним з основних джерел утворення детриту.

Влітку простежувалась від'ємна кореляція гілок і атмосферних опадів за місяць і за три місяці до проведення спостережень ($R = -0,837$, достовірність – $0,01$), що пояснюється тим, що за посушливих умов збільшується кількість опадів гілок або їхніх частин унаслідок пошкодження вітром.

Восени листовий опад корелював із середньомісячними опадами за березень, квітень, травень. Кореляційний зв'язок слабкий ($R = 0,423$) з достовірністю $0,01$, однак можна зробити висновок, що чим більше листя утворилося навесні в результаті більшої кількості опадів, тим більший відсоток лісової підстилочки воно складає восени.

Влітку корелюють між собою листовий компонент підстилочки та кількість опадів у березні, квітні і травні. Кореляційний зв'язок сильний, позитивний. $R = 0,826$, коефіцієнт достовірності $> 0,01$. Отже, можемо зробити висновок, що опади навесні сприяли утворенню більшої біомаси листя та потужнішої лісової підстилочки. Також

для цього періоду року спостерігали кореляцію детриту і температури за два тижні до спостереження. Кореляція сильна ($R = 0,771$) з коефіцієнтом достовірності $> 0,01$. Це може означати, що зі збільшенням температури підвищується інтенсивність процесів біоредукції, і, як наслідок, більша кількість опадів перетворюється на детрит.

Восени, так само як і влітку, спостерігалась кореляція листя з опадами у березні, квітні і травні (рис. 1). Коефіцієнт кореляції R складає $0,532$, коефіцієнт достовірності $> 0,01$. Вміст вуглецю у підстилці в цілому корелював з опадами за три і шість місяців до спостереження ($R = 0,643$ і $0,574$ відповідно). Це є закономірним, оскільки за рахунок збільшення кількості опадів за три і шість місяців до спостереження (червень, липень, серпень, березень, квітень, травень) збільшується і біомаса листя, що утворює більшу частину підстилочки восени.

Листя та детрит корелює з опадами за три і шість місяців до спостереження з коефіцієнтом кореляції $0,693$ і $0,597$ відповідно. Така кореляція подібна до попередньої, а детрит добре корелює з опадами через підвищення інтенсивності деструкційних процесів у ґрунті, що призводить до утворення більшої кількості детриту. Встановлено, що в період 2009 року, який характеризувався рекордно низькими значеннями опадів, особливо у період квітень–вересень, енергетичний запас у підстилці дубового лісу перевищив відповідні показники для ділянок соснового лісу.

Висновки

Проведені дослідження показали, що в дубовому деревостані восени та влітку прослідковується значна кореляція між кількістю опадів за один і три місяці до спостереження з вмістом акумульованого вуглецю в складових лісової підстилочки. Влітку збільшення акумульованого вуглецю в листовому компоненті підстилочки пов'язано з тим, що опади, як правило, супроводжуються досить потужним вітром, який зриває частину листя на землю, поповнюючи лісову підстилочку; восени – тим, що опади за один і три місяці до спостереження сприяють збільшенню фітомаси листя, що опадає в цю пору року, утворюючи потужнішу лісову підстилочку.

Також спостерігається суттєва кореляція вуглецю детриту з температурою за два тижні до спостереження. Підвищення температури сприяло збільшенню інтенсивності процесів біоре-

дукції, і, як наслідок, більша кількість опадів перетворювалась на детрит.

Загалом проведене дослідження засвідчило важливість моніторингу особливого біогенотичного компоненту – лісової підстилки як показника стабільності функціонування лісової екосистеми в умовах глобальної зміни клімату.

Роботу виконано в рамках науково-дослідної роботи «Прогностичне моделювання енергетичних потоків зональних екосистем України за умов зміни клімату» (номер держреєстрації 0115U000389) Центру досліджень екосистем, змін клімату і сталого розвитку НАУКМА у співпраці з Інститутом ботаніки ім. М. Г. Холодного НАНУ.

Список літератури

1. Букша І. Внесок лісового господарства України у зменшення ризику зміни клімату / І. Букша // Деякі аспекти глобальної зміни клімату в Україні : зб. статей. – К. : Ініціатива з питань зміни клімату, 2002. – С. 132–146.
2. Вишенська І. Г. Порівняльна оцінка енергетичного запасу лісової підстилки хвойних та листяних типів фітоценозів / І. Г. Вишенська, Я. П. Дідух, А. А. Скіданова, У. М. Альошкіна // Наукові записки НАУКМА. – 2009. – Том 93: Біологія та екологія. – С. 40–44.
3. Голубець М. А. Екологічний потенціал наземних екосистем / М. А. Голубець, О. Г. Марискевич, Б. О. Крок, М. П. Козловський та ін. – Львів : Поллі, 2003. – 180 с.
4. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах / [Н. И. Базилевич, А. А. Титлянова, В. В. Смирнов и др.]. – М. : Мысль, 1978. – 183 с.
5. Постолаке Г. Г. Лесная подстилка в круговороте веществ / Г. Г. Постолаке. – Кишинев : Штиинца, 1976. – 180 с.
6. Чорнобай Ю. М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах / Ю. М. Чорнобай. – Львів : ДЛМ НАН України, 2000. – 352 с.
7. Шпаківська І. М. Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів / І. М. Шпаківська, О. Г. Марискевич // Лісівництво і агролісомеліорація. – Харків : УкрНДЦЛГА, 2009. – Вип. 115. – С. 176–180.

I. Vyshenska, A. Zhovtenko, I. Dobra

IMPACT OF CLIMATE FACTORS ON CARBON ACCUMULATION IN COMPONENTS OF OAK PHYTOCENOSIS FOREST BEDDING

The annual dynamics of carbon content in the forest bedding of oak phytocenosis was estimated in a three-year study at the Reserve of "Lisnyky" in the Green Belt of the city of Kyiv.

Based on observations and meteorological data the difference in carbon stock was observed for four components of the forest bedding such as leaves, branches, fruits, and debris. Correlation analysis showed dependence of carbon content in most components on temperature and precipitation of the previous months of samples drawing. The obtained results confirmed the significant impact of climatic factors on carbon stock in the forest bedding. The studies have shown that in summer and autumn oak stands traced significant correlation between precipitation during one and three months before monitoring the content of the accumulated carbon in forest litter components. In the summer, the increase in accumulated carbon in the litter leaves and branches components was due to the fact that the rains were usually accompanied by a fairly strong wind that tore leaves to the ground, replenishing the forest floor; in the autumn – that precipitation in one and three months before the observations stimulated the leaves biomass increasing in summer, creating a thicker forest floor. Also, there was a significant correlation of carbon content in detritus with temperature two weeks before the observation. The temperature increase has stimulated the intensity of biological decomposition and, consequently, greater precipitation transformed more organic matter to detritus.

Overall, this study showed the importance of monitoring a special forest component – the forest bedding as an indicator of the sustainability of the forest ecosystem in terms of climate change.

Keywords: forest bedding, carbon accumulation, climate factors, oak phytocenosis.

Матеріал надійшов 15.03.2016