

Kovalevskiy S.S. The Influence of Forests on the Stabilization and Improvement of Bila Tserkva Environment

The human pressure in the city Bila Tserkva is big enough. According to statistics in the Kiev region the amounts of substances harmful emissions from stationary and mobile sources was set. Database is compiled on the basis of forest management in SE "Belotserkovsky FT", namely, distribution covered with forests and forest plots stocks forest main species, the distribution of reserves stands by age groups and average site index stands within a group of rocks. The complex of mathematical models of multiple regression equations conversion factors is processed. Data concerning phytomass and deposited carbon in forest enterprises was calculated using CARBON program. The calculation of oxygen-producing capacity of forests is estimated to be essential for stabilizing the ecological environment of the city.

Keywords: stands, stock, area, site index, environment, phytomass, deposited carbon, oxygen-producing.

УДК 630*176.322.2

Мол. наук. співроб. Н.В. Регуш;

проф. Ю.Й. Казаняк, д-р с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів

ВЗАЄМОРОЗМІЩЕННЯ ДЕРЕВ У ВЕРТИКАЛЬНИХ ГОРИЗОНТАХ РІЗНОВІКОВИХ БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

Встановлено характер горизонтального взаєморозміщення дерев у вертикальних горизонтах різновікових букових насаджень, які віднесено до різних категорій лісів. Випадковість, згрупованість чи рівномірність дерев оцінено на основі значень індексів Кларка-Іванса, Кокса та Піелу. Оцінено значущість природи чинників та їх інтенсивність для формування просторої структури букових деревостанів південно-західного мегасхилу Українських Карпат. Перевірено наявність лінійних зв'язків між характером взаєморозміщення дерев у вертикальних горизонтах букових насаджень та їх таксаційними ознаками.

Ключові слова: різновіковий буковий деревостан, просторове взаєморозміщення, південно-західний мегасхил Українських Карпат.

Вступ. Інтенсивний розвиток промисловості, використання неекологічних технологій виробництва стали причиною накопичення в біосфері планети значного обсягу шкідливих викидів, зокрема парникових газів у атмосфері, з яких 76 % становить діоксид вуглецю (CO₂) [3]. Збереження лісових екосистем, їх раціональне та збалансоване використання є прерогативою пан'європейської лісової політики, що спрямована на виконання вимог Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (1992). Україна, також ратифікувавши цю конвенцію 1992 р., взяла на себе зобов'язання виконувати її в частині збереження природного середовища, що своєю чергою, передбачає перехід до збалансованого (сталого) та невиснажливого використання лісових ресурсів.

З огляду на значне поширення букових лісів у Карпатському регіоні України, їх раціональна експлуатація має першочергове значення. Результатом надмірного вирубування лісів переважно суцільнолісосічним способом стала розбалансованість екосистеми та вразливість Карпатського регіону України до стихійних природних явищ. Планування екологічних нешкідливих лісгосподарських заходів на засадах наближеного до природи лісівництва потребує знань про функціонування природних лісів, їх організацію (структуру). Дослідження експлуатаційних лісових екосистем та лісів, що не зазнали інтенсивного господарського втручання людини, є запорукою встановлення структурних особли-

востей природних лісів, що своєю чергою, можуть бути ефективно використанні під час розроблення лісгосподарських заходів на засадах наближеного до природи лісівництва [12].

Дослідженню букових лісів Українських Карпат приділено багато уваги. Їх поширення, динаміку структури, будову за основними таксаційними показниками їх насаджень розглянуто у працях Є.І. Цурика (1980, 1981) С.М. Стойки (1982), М.В. Чернявського (1998, 2000), В.І. Парпана (1994, 2013), Г.Г. Гриника (2011, 2012), Ю.С. Шпарика (2006, 2010), В.І. Троцюка (2012) та ін. Площинне взаєморозміщення дерев у букових насадженнях вивчено менше. Результати подібних досліджень представлено у наукових працях І.С. Ільківа (2004), В. Comptom (2005), Е. Zenner (2014).

Мета дослідження – встановити значення природи чинників, що діють на лісові насадження, на характер горизонтального взаєморозміщення дерев у вертикальних горизонтах букових деревостанів південно-західного мегасхилу Українських Карпат.

Матеріали та методи дослідження. Матеріали для вивчення просторового взаєморозміщення дерев у вертикальних горизонтах різновікових букових деревостанів зібрано у букових лісах, віднесених до різних категорій. Це – ліси природоохоронного значення (Угольське відділення Карпатського біосферного заповідника), захисні (Березниківське лісництво ДП "Свалявське ЛГ") та експлуатаційні ліси (Верхньоводянське лісництво ДП "Великобичківське ЛМГ"). Детальну таксаційну характеристику дослідних ділянок представлено в публікаціях [2, 4]. Розміщення дерев оцінено з використанням розрахункових індексів: агрегації Кларка-Іванса у модифікації Доннеллі (*CE (Don)*) [8], згрупованості Кокса (*CI*) [6] та не випадковості Піелу (*PI*) [14]. Різниця у підходах розрахунків цих індексів дає змогу описати мікро- та макроструктуру лісових насаджень [13]. Значущість різниці у характері взаєморозміщення дерев у вертикальних горизонтах букових деревостанів різних категорій лісів. Критерій перевірено з використанням Колмогорова-Смірнова (*p_{KS}*) [1]. Наявність зв'язків між розміщенням дерев у межах вертикальних горизонтів різновікових букових насаджень та показниками їх таксаційної будови перевірено з використанням коефіцієнта кореляції Пірсона (*r*) [1]. Якщо у межах певного вертикального горизонту досліджуваного букового деревостану кількість дерев становила менше 10 шт., отримані значення індексів не підлягали аналізу, оскільки вони вважались недостовірними через занадто малий обсяг вибірки. Дослідні ділянки, в одному з вертикальних горизонтів яких нараховувалось менше 10 дерев, було також виключено з подальшого кореляційного аналізу. Всі розрахунки (індексів та статистичних показників) та візуалізація результатів здійснено у середовищі статистичного програмування R [7].

Результати дослідження. На рослинне угруповання впливає низку чинників, дія яких позначається на характері просторового взаєморозміщення його складових. Насамперед, це – екологічні чинники (мікрокліматичні, мікроедафічні), внутрішньо- та міжвидової взаємодії (конкуренція, симбіоз), антропогенний вплив тощо [5]. Просторовій гетерогенності популяцій та угруповань (рис. 1), що є результатом впливів цих чинників, відведено ключову роль у багатьох екологічних і популяційних теоріях (теорії сукцесій, стабільності угруповань, конкурентної боротьби тощо) [10].

Результати оцінювання просторового розміщення всіх дерев по площі у різновікових букових насадженнях свідчать про близький до випадкового його характер [2]. Чітка згрупованість дерев чи їх рівномірність є скоріше винятком, ніж правилом. Та, можливо, доцільно було б звернути увагу на особливості структурної організації букових деревостанів, а саме горизонтального взаєморозміщення дерев у розрізі вертикальної будови. Природним буковим насадженням притаманний дрібномасштабний режим порушень випадкового характеру шляхом відмирання поодиноких дерев чи їх біогруп [9, 11]. Це має вирішальний вплив на вертикальну стратифікацію букових деревостанів та характер горизонтального взаєморозміщення дерев у них (див. рис. 1).

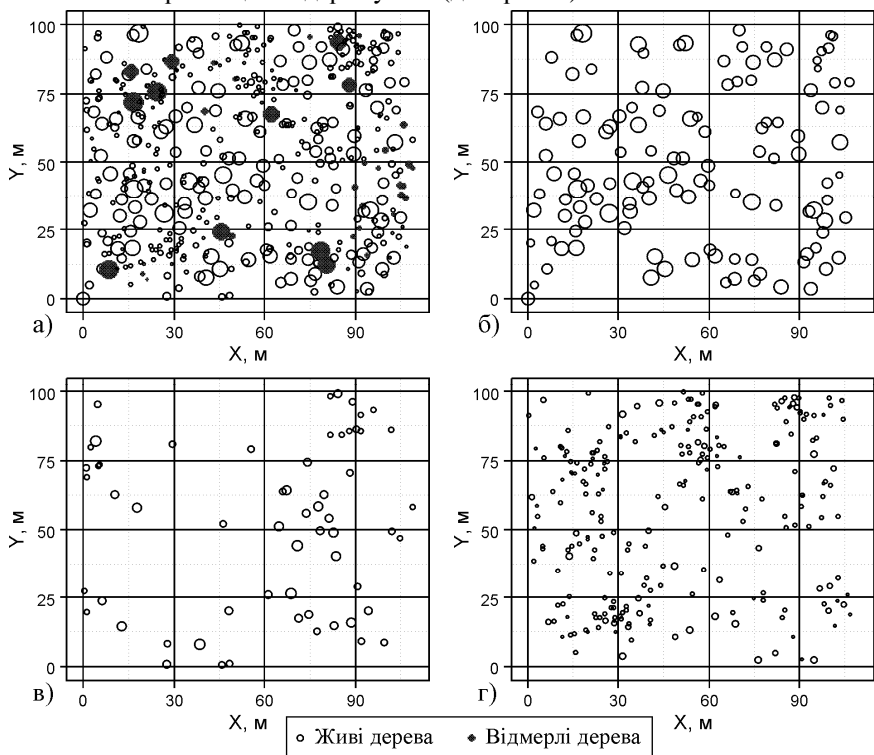


Рис. 1. Схема розташування дерев у різновіковому буковому насадженні (на прикладі ДД № 1 в Угольці): а) всіх дерев (живих та відмерлих),

б) дерев першого горизонту; в) дерев другого горизонту; г) дерев третього горизонту

Вікна, що таким чином формуються у наметі крон, змінюють світловий режим у насадженні, сприяючи появі самосіву і підвищенню інтенсивності росту пригнічених дерев *Fagus sylvatica* L., які зазвичай наявні у насадженні у значній кількості. Пригнічені особини *F. sylvatica*, отримавши достатню кількість освітлення, за досить невеликий проміжок часу досягають основного намету та займають місце відмерлого дерева [15]. Деревостани з простою вертикальною структурою формуються виключно внаслідок масштабних порушень (вітровали чи сніголами на великих площах, суцільне вирубування дерев тощо).

У досліджуваних різновікових букових деревостанах майже завжди присутні дерева, що належать до різних вертикальних горизонтів. Основний запас букових деревостанів зосереджений у їх першому горизонті. Найбільше накопичення дерев третього вертикального горизонту спостерігається у букових деревостанах природоохоронних лісів (Уголька). Тут вони можуть становити до 60 % всіх дерев насадження або майже 200 шт./га. У букових деревостанах захисних лісів (верхів'я р. Боржави) третій вертикальний горизонт виражений менше, проте він відносно у рівній кількості представлений скрізь та становить у середньому близько 20 % всіх дерев насадження. Найменша частка дерев третього вертикального горизонту спостерігається у деревостанах експлуатаційних лісів (Бичків), де вона становить близько 10 %. Другий горизонт найменше виражений у букових насадженнях Угольки. Його частка за кількістю дерев тут становить, як правило, не більше 15 %. Добре представлений він у більшості експлуатаційних та захисних букових лісів верхів'я р. Боржави.

Аналіз мікроструктури різновікових букових деревостанів у межах їх вертикальних горизонтів свідчить про значущу різницю між характером розміщення дерев першого та третього горизонтів насаджень ($p_{KS} < 0,02$), а також між деревами першого та другого вертикальних горизонтів ($p_{KS} < 0,02$). Деревам першого вертикального горизонту букових деревостанів у більшості випадків притаманне близьке до випадкового розміщення дерев по площі (ліси ПЗФ та експлуатаційні ліси). У верхньому горизонті букових деревостанів захисних лісів верхів'я р. Боржави спостерігається чітка тенденція до їх рівномірності (рис. 2).

Дерева другого вертикального горизонту букових деревостанів Угольки та експлуатаційних лісів розміщені по площі також, як правило, випадково. Однак часто їм також властивий рівномірний характер. Інколи спостерігається їх згрупованість (у букових насадженнях верхів'я р. Боржави та пралісах Угольки). Між деревами третього вертикального горизонту найчастіше спостерігається згрупованість у горизонтальному розміщенні по площі. Рівномірний характер їх взаєморозміщення трапляється як виняток (дослідна ділянка № 3 в експлуатаційних букових лісах). На основі розрахованих значень *CI* проаналізовано особливості взаєморозміщення дерев у межах вертикальних горизонтів різновікових букових насаджень на макрорівні (рис. 3, б). Встановлено значущі відмінності макроструктури дерев першого та третього ($p_{KS} < 0,01$), а також першого та другого ($p_{KS} < 0,05$) горизонтів різновікових букових деревостанів регіону дослідження, а саме:

- деревам першого вертикального горизонту найчастіше властивий близький до випадкового характер розміщення дерев по площі, їх певна згрупованість трапляється виключно у букових деревостанах експлуатаційних лісів;
- дерева другого вертикального горизонту характеризуються згрупованим або випадковим розміщенням на макрорівні;
- згрупований характер площинного взаєморозміщення на макрорівні характерний також для дерев третього вертикального горизонту букових деревостанів, а близький до випадкового тип трапляється рідко.

Внаслідок розрахунку критерію згоди Колмогорова-Смірнова не було виявлено значущої різниці між характером розміщення дерев у межах вертикальних горизонтів залежно від категорії лісів, до якої віднесено досліджувані букові деревостани ($p_{KS} > 0,05$). Це свідчить про те, що букові насадження з тим чи іншим типом розміщення дерев у їх вертикальних горизонтах якоюсь мірою присутні у всіх категоріях лісів.

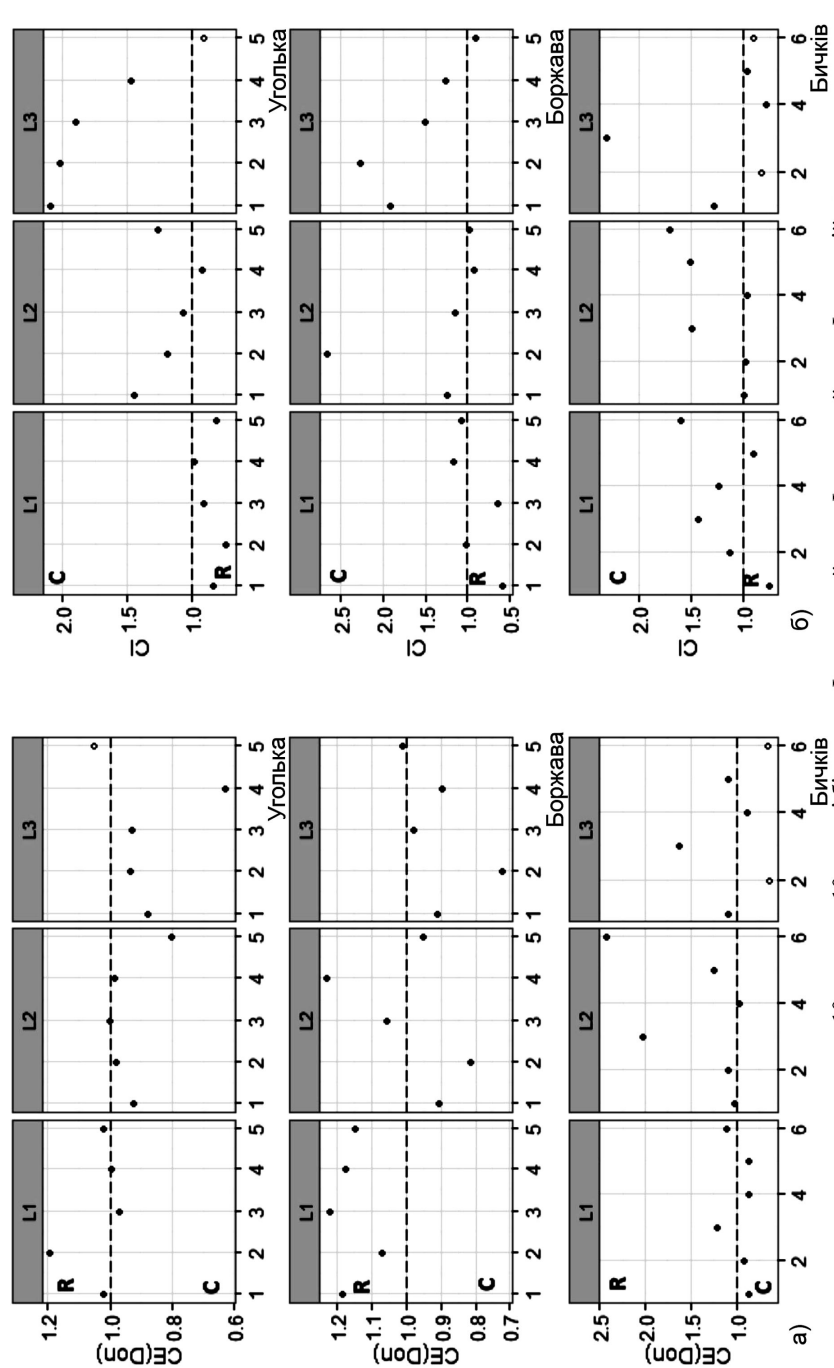


Рис. 2. Характер розміщення дерев у різновікових букових деревостанах залежно від їх ярусної приналежності:
 а) за індексом Кларка-Іванса (мікроструктура); б) за індексом Кокса (макроструктура); С – згрупованість; R – рівномірність

Переважно згрупований характер розміщення дерев третього та другого вертикальних горизонтів деревостану повністю відповідає особливостям їх формування у букових лісах. Деревя третього вертикального горизонту концентруються у добре освітлених частинах деревостану, що відповідають вікнам у наметі крон першого горизонту. Випадковий характер розміщення трапляється вкрай рідко. У таких випадках дерева третього горизонту представлені переважно у низькій кількості. Світловий фактор є також вирішальним для пришвидшення росту дерев третього вертикального горизонту та їх виходу до другого. На основі значень коефіцієнта кореляції Пірсона встановлено наявність лінійних взаємозв'язків між характеристиками розміщення дерев у межах вертикальних горизонтів різновікових букових деревостанів (табл. 1).

Табл. 1. Значення коефіцієнта кореляції Пірсона взаємозалежності характеру просторового розміщення дерев у вертикальних горизонтах букових насаджень

Параметр	Індекс	Вертикальний горизонт	
		1-й	2-й
2-й вертикальний горизонт	<i>CE (Don)</i>	0,476	–
	<i>CI</i>	0,069	–
	<i>PI</i>	0,751**	–
	<i>N</i>	0,511	–
	<i>Skew</i>	–0,284	–
3-й вертикальний горизонт	<i>CE (Don)</i>	0,450	0,034
	<i>CI</i>	–0,108	0,549
	<i>PI</i>	0,494	0,595*
	<i>N</i>	–0,315	–0,237
	<i>Skew</i>	–0,188	0,298

Примітка: ** рівень значущості становить 0,01; * рівень значущості становить 0,05.

Отже, існує тісний позитивний лінійний зв'язок між характеристиками розміщення дерев першого та другого вертикальних горизонтів на основі значення *PI* ($r = 0,751, p = 0,01$), а також між кількістю дерев у цих вертикальних горизонтах ($r = 0,511, p < 0,05$). Значущий лінійний зв'язок на основі значень *PI* встановлено між характером розміщення дерев у другому та третьому вертикальних горизонтах букових деревостанів ($r = 0,595, p = 0,05$). Залежність взаємного розташування дерев у першому та третьому вертикальних горизонтах букових насаджень на основі розрахованих значень індексу Пелю становить 0,494 ($p > 0,05$). Кореляційний аналіз дав змогу простежити певні зв'язки між значеннями індексів оцінки просторового розміщення дерев по площі у вертикальних горизонтах різновікових букових деревостанів (табл. 2).

На основі обчисленого коефіцієнта кореляції Пірсона відзначено наявність лінійних зв'язків (позитивних та негативних) на різних рівнях значущості між значеннями розрахованих індексів. Окрім цього, виявлено високу лінійну взаємозалежність між значенням *CI* для дерев першого вертикального горизонту та кількості дерев у ньому ($r = 0,612, p = 0,05$). Також відзначено незначущий середній негативний зв'язок між значенням індексу *CE (Don)* та асиметрією розподілу дерев другого вертикального горизонту букових деревостанів за діаметрами ($r = -0,505, p > 0,05$). Додатковий аналіз показав наявність тісного лінійного зв'язку між значенням коефіцієнта варіації діаметрів всіх дерев у буковому

насаджени (*Var*) та характером розміщення дерев третього вертикального горизонту на основі *CI* ($r = 0,710, p = 0,01$).

Табл. 2. Значення коефіцієнта кореляції Пірсона для розрахункових індексів просторового розміщення дерев

Параметр	Вертикальний горизонт	<i>CE (Don)</i>	<i>CI</i>	<i>PI</i>	<i>N</i>
<i>CI</i>	1	-0,403	-	-	-
	2	-0,646*	-	-	-
	3	-0,558*	-	-	-
<i>PI</i>	1	-0,655*	0,581*	-	-
	2	-0,702**	0,886**	-	-
	3	-0,717**	0,604*	-	-
<i>N</i>	1	0,02	0,612*	0,283	-
	2	-0,44	0,284	0,286	-
	3	0,06	0,248	0,073	-
<i>Skew</i>	1	-0,197	0,13	0,258	0,252
	2	-0,505	0,037	0,122	0,302
	3	0,012	0,3	0,363	0,367

Примітки: ** рівень значущості становить 0,01; * рівень значущості становить 0,05.

Висновки. Розрахункові індекси дали змогу прослідкувати основні тенденції у закономірностях горизонтального взаєморозміщення дерев у межах вертикальних горизонтів різновікових букових насаджень. Букові насадження з тим чи іншим типом розміщення дерев у їх вертикальних горизонтах присутні у всіх категоріях лісів. Це свідчить про те, що антропогенний фактор не відіграє вирішального значення для характеру взаєморозміщення дерев у вертикальних горизонтах різновікових букових насаджень південно-західного мегасхилу Українських Карпат. Таким чином, можна зробити припущення, що на формування структури букових насаджень більший вплив має інтенсивність дії чинника, ніж його природа. Букові насадження, що відновляються природним шляхом на суцільнолісосічних зрубках у експлуатаційних лісах, та деревостани, що формуються після суцільних вітровалів у природоохоронних лісах, мають подібну просторову структуру. Така закономірність частково стосується також дрібномасштабних порушень випадкового характеру у природних букових лісах та господарських заходів за вибірковою системою рубань.

Література

1. Горошко М.П. Біометрія : навч. посібн. / М.П. Горошко, С.І. Миклуш, П.Г. Хомюк. – Львів : Вид-во "Камула", 2004. – 236 с.
2. Каганяк Ю.Й. Оцінка горизонтальної структури букових насаджень Закарпаття / Ю.Й. Каганяк, Н.В. Регуш // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 12. – С. 135-139.
3. Лакида П.И. Динамика запасов углерода в лесах Украины / П.И. Лакида // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. – 2001. – Вип. 56. – С. 86-90.
4. Регуш Н.В. Особливості розподілу діаметрів різновікових букових деревостанів південно-західного мегасхилу Українських Карпат / Н.В. Регуш, Ю.Й. Каганяк // Збалансоване природоохористування : зб. наук. праць. – 2015. – № 1/2015. – С. 15-20.
5. Цурик Є.І. Таксаційні ознаки та будова насаджень : підручник [для студ. ВНЗ] / Є.І. Цурик. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 2001. – 362 с.
6. Cox F. Dichtebestimmung und Strukturanalyse von Pflanzenpopulationen mit Hilfe von Abstandsmessungen. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung von Verfahren für Verjüngungsinventuren / F. Cox // Mitteilung BFA Reinbek, Wiedebusch Verlag. – 1971. – Vol. 87. – 182 S.

7. Crawley M.J. Statistik mit R. – Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, 2012. – 424 p.
8. Donnelly K. Simulations to determine the variance and edge-effect of total nearest neighbour distance / K. Donnelly // Simulation studies in archaeology [Ed. by I. Hodder]. – Cambridge / New York : Cambridge University Press, 1978. – Pp. 91-95.
9. Korpel' S. Die Urwälder der Westkarpaten / S. Korpel. – Stuttgart : Gustav Fischer Verlag, 1995. – 310 S.
10. Legendre P. Spatial pattern and ecological analysis / P. Legendre, M.-J. Fortin // Vegetatio. – 1989. – Vol. 80. – Pp. 107-138.
11. Leibundgut H. Über die Dynamik europäischer Urwälder / H. Leibundgut // Allgemeine Forstzeitschrift. – 1978. – Nr. 33. – S. 686-690.
12. Meyer P. Aspekte der Biodiversität von Buchenwäldern – Konsequenzen für eine naturnahe Bewirtschaftung / P. Meyer, M. Schmidt // Beiträge aus der NW-FVA. – 2008. – Vol. 3. – S. 159-192.
13. Neumann M. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests / M. Neumann, F. Starlinger // Forest Ecology and Management. – 2001. – Vol. 145. – Pp. 91-106.
14. Pielou E.C. The Use of Point-to-Plant Distances in the Study of the Pattern of Plant Populations / E.C. Pielou // Journal of Ecology. – 1959. – Vol. 47(3). – Pp. 607-613.
15. Trotsiuk V. Age structure and disturbance dynamics of the relic virgin beech forest Uholka (Ukrainian Carpathians) / V. Trotsiuk, M.L. Hobi, B. Commarmot // Forest Ecology and Management. – 2012. – Vol. 265. – Pp. 181-190.

Регуш Н.В., Каганяк Ю.Й. Взаимораспределение деревьев в вертикальных горизонтах разновозрастных буковых древостоев

Установлен характер горизонтального взаимораспределения деревьев в вертикальных горизонтах разновозрастных буковых насаждений, относящихся к разным категориям лесов. На основании значений индексов Кларка-Иванса, Кокса и Пиелю оценено тип их распределения (случайный, групповой или равномерный). Оценена значимость природы факторов и интенсивность для формирования пространственной структуры буковых древостоев южно-западного мегасклона Украинских Карпат. Проверено наличие линейных связей между характером взаимораспределения деревьев в вертикальных горизонтах буковых насаждений и их таксационных показателей.

Ключевые слова: разновозрастной буковый древостой, пространственное взаимораспределение, южно-западный мегасклон Украинских Карпат.

Rehush N.V., Kahanyak Yu.Yo. The Spatial Patterns of Uneven-aged Beech Forest Stand Layers

The horizontal distribution pattern of trees in uneven-aged beech stand layers of different forest categories was assessed. The randomness, clumping, and regularity of trees in the forest stands were evaluated using Clark-Evans, Cox and Pielou indices. The significant degree of disturbance regimes (natural and anthropogenic) for the spatial structure of the beech forest stands in southwestern part of Ukrainian Carpathians was assessed. The linear correlation factor between types of horizontal distribution patterns of the trees in the layers and forest stands parameters was calculated.

Keywords: uneven-aged beech forest stand, spatial patterns, southwestern part of the Ukrainian Carpathians.