



І. Ф. ШИШКАНИНЕЦЬ¹, В. Г. МАЗЕПА²

**ВПЛИВ КЛІМАТУ НА РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ БУКА В СЕРЕДНЬОВІКОВИХ
ДЕРЕВОСТАНАХ У ВЕРХІВ'Ї БАСЕЙНУ РІЧКИ ЛАТОРИЦЯ**

*1. Національний природний парк «Зачарований край»
2. Національний лісотехнічний університет України*

Досліджено вплив кліматичних показників на радіальний приріст бука в середньовікових деревостанах та особливості його формування в гірських умовах на схилах різної експозиції. Річні прирости букових деревостанів, що ростуть на схилах північної експозиції, дещо тісніше корелюють з кліматичними показниками, ніж прирости тих, що ростуть на південних схилах. Виявлено кореляційні зв'язки та отримано регресивні моделі взаємозв'язку радіального приросту букових деревостанів із комплексом кліматичних показників за вегетаційний період: дефіцитом вологи, вологістю повітря, середньорічною температурою повітря та кількістю опадів. У середньовікових букових деревостанах найбільш суттєво на радіальний приріст впливають вологість і температура повітря. Виявлено значення кліматичних показників, за яких визначено мінімальні або максимальні радіальні прирости букових деревостанів. За середньої багаторічної температури повітря 11–12°C, дефіциту вологи повітря 3–4 мб, зі збільшенням кількості опадів до 800–1100 мм і вологості повітря до 76–80 % значення радіального приросту бука є максимальним і становить 1,92–2,28 мм.
Ключові слова: букові деревостани, радіальний приріст, експозиція схилу, кореляційні залежності, кліматичні показники.

Вступ. За даними Міжнародної групи експертів зі зміни клімату (МГЗЕК), сторічний (1906–2005 рр.) лінійний тренд підвищення температури в повітряному басейні становить 0,74°C (IPCC 2007). В Україні протягом останніх п'ятдесяти років (1961–2010 рр.) приземна температура повітря підвищувалася і на початку XXI ст. була найбільшою за весь період регулярних метеорологічних спостережень з 1891 р. (Adaptatsiya do zminy klimatu 2015). Упродовж минулих двадцяти років (1991–2010 рр.) середня річна температура повітря в межах рівнинної частини території України збільшилася на 0,8°C, а в гірських регіонах (Українські Карпати) – на 0,7°C, якщо порівняти з кліматичною нормою (1961–1991 рр.). На Закарпатті середня річна температура повітря збільшилася на 0,7–0,8°C відносно кліматичної норми. У верхів'ї басейну річки Латориця за 1992–2012 рр. середня річна температура повітря збільшилася з 6,6 до 7,3°C, а кількість опадів – з 1046 до 1137,5 мм, у порівнянні з кліматичною нормою (1949–2000 рр.) (Mazepa & Shyshkanynets 2013).

У лісотвірному процесі (сілвагенезі) й функціонуванні лісових екосистем вирішальне значення мають кліматичний і ґрунтовий чинники (Stoiko 2011), причому роль останнього, особливо у формуванні приросту за діаметром, є незначною (Zhuravleva 2014). Для виявлення впливу комплексу зовнішніх чинників на окремі дерева й деревостани більшість дослідників використовують дендрохронологічні та дендрокліматичні методи, що базуються на вивченні радіального приросту (Bitvinskas 1974, Lovelius 1979, Matveev & Rumiantsev 2013). Радіальний приріст є найбільш універсальним і комплексним показником росту деревостанів упродовж усього їхнього віку, а тому дає змогу виявити їхню реакцію на дію комплексу зовнішніх чинників.

В Україні проведено різноманітні дендрохронологічні дослідження. Водночас у просторовому відношенні вони були здійснені нерівномірно, тому залишається ще багато невивчених питань щодо дендрохронології та дендрокліматології (Koval 2006). При цьому розвиток дендрохронологічного напрямку потребує створення дендрокліматичної сітки з охопленням найбільш репрезентативних лісостанів за природними зонами та в Карпатах. Адже Карпати є своєрідною біогеографічною моделлю для з'ясування впливу зміни клімату на рослинний і тваринний світ (Stoiko 2011).

У наших попередніх роботах висвітлено вплив кліматичних показників на радіальний приріст букових деревостанів (Mazepa & Shyshkanynets 2014, Shyshkanynets & Mazepa 2014, Shyshkanynets 2015), зокрема на формування ранньої та пізньої деревини бука (Shyshkanynets & Mazepa 2014, Shyshkanynets 2015). Однак синергічний вплив кліматичних показників на

радіальний приріст бука показаний лише на прикладі двох пар кліматичних показників (дефіциту вологи й вологості повітря та температури повітря й опадів). Тому *метою дослідження* є вивчення впливу кліматичних показників на особливості формування радіального приросту чистих середньовікових букових деревостанів, що ростуть у верхів'ї басейну річки Латориця, а також встановлення синергічного впливу основних кліматичних показників за вегетаційний період (опадів, температури повітря, дефіциту вологи та вологості повітря) на радіальний приріст дерев у бучинах.

Район досліджень характеризується оптимальними для бука умовами росту (Shyshkanynets 2015). Лісистість регіону досягає 61 %, а на бук припадає 83 % вкритих лісовою рослинністю земель. Середньовікові деревостани домінують і становить 52,4 %.

Матеріали й методи. Для вивчення впливу кліматичних показників на формування радіального приросту в бучинах підібрано чисті середньовікові деревостани, які ростуть в оптимальних для бука екологічних умовах. Зважаючи на те, що у насінневі роки бук формує річні шари мінімальної товщини, можна вважати, що у середньовікових букових деревостанах фактор плодоношення є виключеним (Molotkov 1966). Варто також зазначити, що в цих деревостанах криві приростів, не залежно від експозиції схилу, змінюються синхронно (Mazepa & Shyshkanynets 2014). Зокрема простежується закономірне зменшення товщини шарів річної деревини, що свідчить про відсутність впливу рубок на біогрупи дерев бука. Адже під час зріджування в дерев бука формуються широкі річні кільця (Tyshkevich 1984). Лісівничо-таксаційну характеристику деревостанів, в яких закладали пробні площі, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Лісівничо-таксаційні показники насаджень дослідних ділянок

№ пробної площі/ координати	Склад деревостану	Ярус	Тип лісу	Вік, років	Клас бонітету	Експозиція схилу	Висота над рівнем моря, м
3/ N 48°44'19.34" S 23°4'45.05"	10Бкл+Гз	1	D ₃ - гБк	57	I ^a	Пд-25°	550
4/ N 48°43'42.63" S 23°5'22.37"	10Бкл+Гз	1	D ₃ - гБк	54	I	ПнС-20°	550

На кожній пробній площі в біогрупах із 10 дерев на висоті 1,3 м буравом Преслера відбирали керни деревини. Для кожної біогрупи взято 20 кернів у напрямках північ-південь. Ширину річних кілець вимірювали мікроскопом МБС-1 із точністю до 0,1 мм та визначали середні значення радіальних приростів у біогрупах за роками (1992–2013 рр.). Тісноту зв'язку між абсолютним середнім значенням і кліматичними показниками, а також статистичні показники розраховували за методикою Б. А. Доспехова (Dospikhov 1985). Кліматичні показники взято за даними Нижньоворітської метеостанції, яка знаходиться на висоті 500 м н. р. м. на відстані 4,5 км від дослідних ділянок. Статистичне опрацювання виконували з використанням комп'ютерних програм MS Excel 2010 і Statistica 6 (Rus).

Результати та обговорення. Як показали наші попередні дослідження, у чистих середньовікових букових деревостанах максимальні річні прирости бука (2,0–2,4 мм) зафіксовано за середньорічних температур повітря 6,2–7,3°C, тобто близьких до середньої багаторічної (6,6 °C), а мінімальні прирости (1,2–1,8 мм) – за максимальної (1100–1600 мм) або мінімальної (800–900 мм) кількості опадів (Shyshkanynets 2015).

Варто згадати, що в чистих букових деревостанах тіснота зв'язку приростів бука з основними кліматичними показниками є суттєвішою ($r = 0,55$) у порівнянні з мішаними буковими деревостанами ($r = 0,29$) (von Jazewitsch 1953, Mazepa & Shyshkanynets 2014). При цьому за вегетаційний період радіальні прирости бука в чистих деревостанах утворюють із вологістю повітря, опадами й дефіцитом вологи середні кореляційні зв'язки, а з

температурою повітря – слабкі. З температурою повітря й дефіцитом вологи кореляційний зв'язок є зворотнім, що свідчить про зменшення радіального приросту у міру підвищення температури повітря й дефіциту вологи.

Аналіз множинного кореляційного зв'язку основних кліматичних показників за вегетаційний період (опадів, температури й вологості повітря та дефіциту вологи) з радіальними приростами бука за період 1992–2013 рр. свідчить, що тіснота зв'язку є високою (табл. 2). При цьому на схилі північної експозиції річний приріст бука утворює дещо тісніший кореляційний зв'язок із кліматичними показниками, ніж на південному схилі та схилах південної й північної експозиції загалом.

Таблиця 2

Множинні коефіцієнти кореляції та статистичні показники радіального приросту бука з основними кліматичними чинниками за вегетаційний період

№ пробної площі (Експозиція)	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>F</i>	<i>F</i> _{крит.}	Стандартна похибка оцінки
3 (Пд)	0,78	0,61	6,61	4,17	0,18
4 (ПнС)	0,83	0,69	9,54	4,17	0,15
3+4	0,77	0,59	13,76	4,39	0,18

Для відображення впливу основних кліматичних показників за вегетаційний період на радіальні прирости бука нами обчислено параметри рівняння зв'язку між температурою повітря (*T*), опадами (*O*), дефіцитом вологи (*Дв*), вологістю повітря (*В*) та радіальними приростами (*П*) у чистих середньовікових деревостанах (1):

$$П = -0,958391 - 0,286924 T + 0,000087 O + 0,1202 Дв + 0,075903 В \quad (1)$$

та побудовано профілі для передбачення значень (рис. 1).

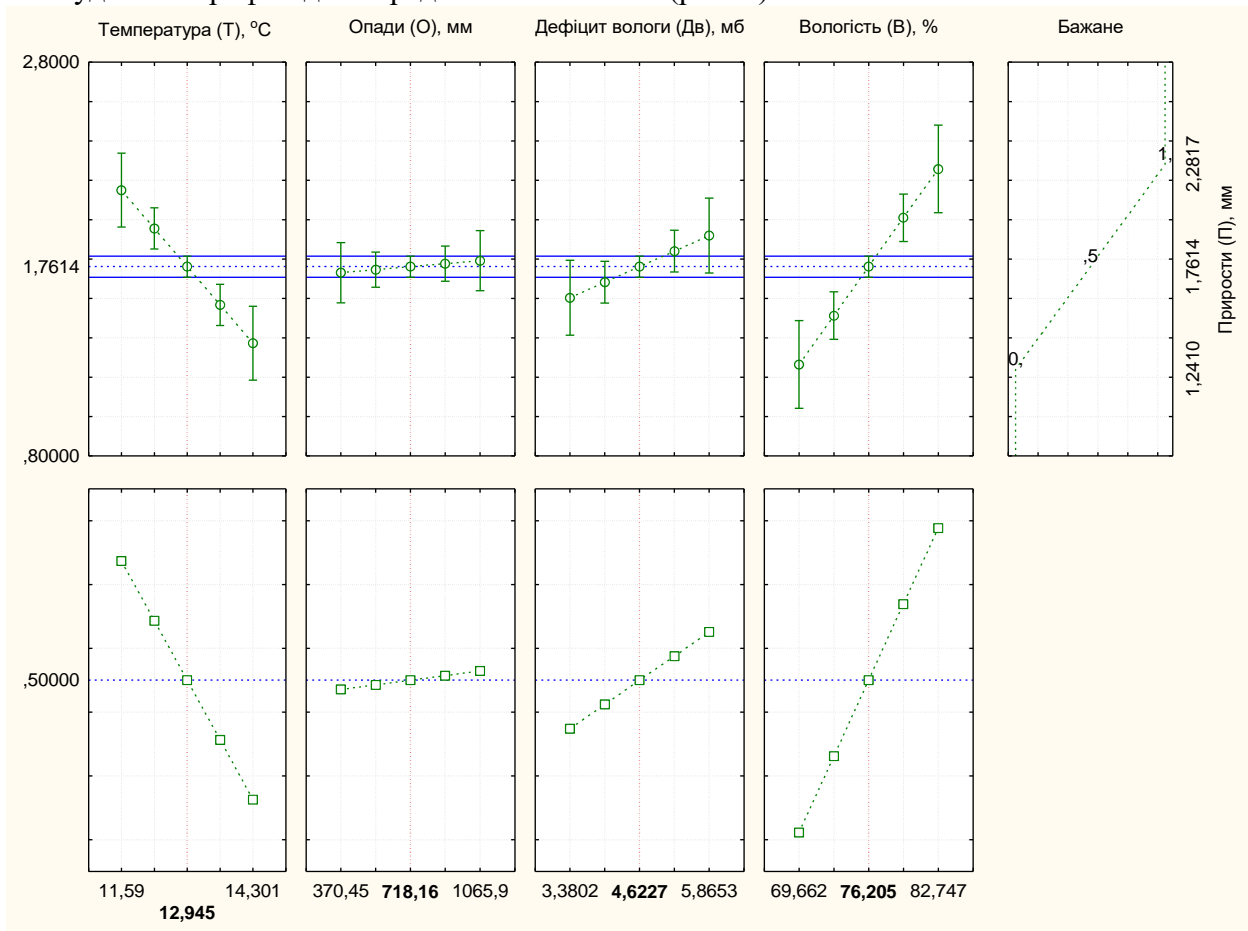


Рис. 1 – Профілі залежності радіального приросту бука в середньовікових чистих деревостанах від кліматичних показників

З наведених на рис. 1 даних видно, що найбільш суттєво на радіальний приріст у букових деревостанах впливають вологість і температура повітря. Дефіцит вологи та опади впливають несуттєво. Така послідовність впливу кліматичних факторів на прирости підтверджується коефіцієнтами еластичності та бета-коефіцієнтами (табл. 3). Зважаючи на те, що радіальні прирости закономірно зменшувалися, символи коефіцієнтів свідчать, що температура повітря зростала, а вологість повітря, дефіцит вологи та опади – зменшувалися.

Таблиця 3

Параметри оцінювання множинної регресії

Фактори впливу	Вологість повітря	Температура повітря	Дефіцит вологи	Опади
Коефіцієнти еластичності	3,284	-2,109	0,315	0,035
Бета-коефіцієнти	0,945	-0,747	0,287	0,058

Середній (1,76 мм) радіальний приріст у букових деревостанах визначено за температури повітря 12,95°C, опадах – 718,2 мм, дефіциту вологи – 4,6 мб та вологості повітря – 76,2 %. У 1992–2012 рр. середня температура повітря за вегетаційний період вже досягла позначки 13°C, а вологість повітря – 76,7 % (фактори, які найбільш суттєво впливають на радіальний приріст) (Mazera & Shyshkanynets 2013). Якщо підвищення температури повітря триватиме, а вологість зменшуватиметься, що є дуже ймовірним (ІРСС 2007), то радіальний приріст у букових деревостанах зменшуватиметься (див. рис. 1).

Для оцінювання ступеня впливу комплексу факторів побудовано регресивні моделі взаємозв'язку між радіальним приростом бука й кліматичними показниками (рис. 2). Під час вивчення у чистих середньовікових букових деревостанах залежності радіального приросту (П) від кліматичних показників за вегетаційний період (температури повітря (Т), вологості повітря (В), опадів (О) і дефіциту вологи (Дв)) отримано такі рівняння регресії:

а) температури й вологості повітря:

$$П = -0,1235 - 0,2116Т + 0,0607 В$$

$$R = 0,74; F=24,93; F_{крит.} = 2,41$$

б) температури повітря й дефіциту вологи:

$$П = 2,9857 - 0,0277Т - 0,1872 Дв$$

$$R = 0,48; F=6,12; F_{крит.} = 2,41$$

в) температури повітря та опадів:

$$П = 2,5251 - 0,1005Т + 0,0007 О$$

$$R = 0,56; F=9,2; F_{крит.} = 2,41$$

г) вологості повітря й дефіциту вологи:

$$П = -0,1718 + 0,0324 В + 0,1157 Дв$$

$$R = 0,59; F=11,13; F_{крит.} = 2,41$$

д) опадів і вологості повітря:

$$П = -0,8567 + 0,0004 О + 0,0307 В$$

$$R = 0,58; F=10,37; F_{крит.} = 2,41$$

е) опадів і дефіциту вологи:

$$П = 2,0195 + 0,0005 О - 0,1395 Дв$$

$$R = 0,58; F=10,33; F_{крит.} = 2,41$$

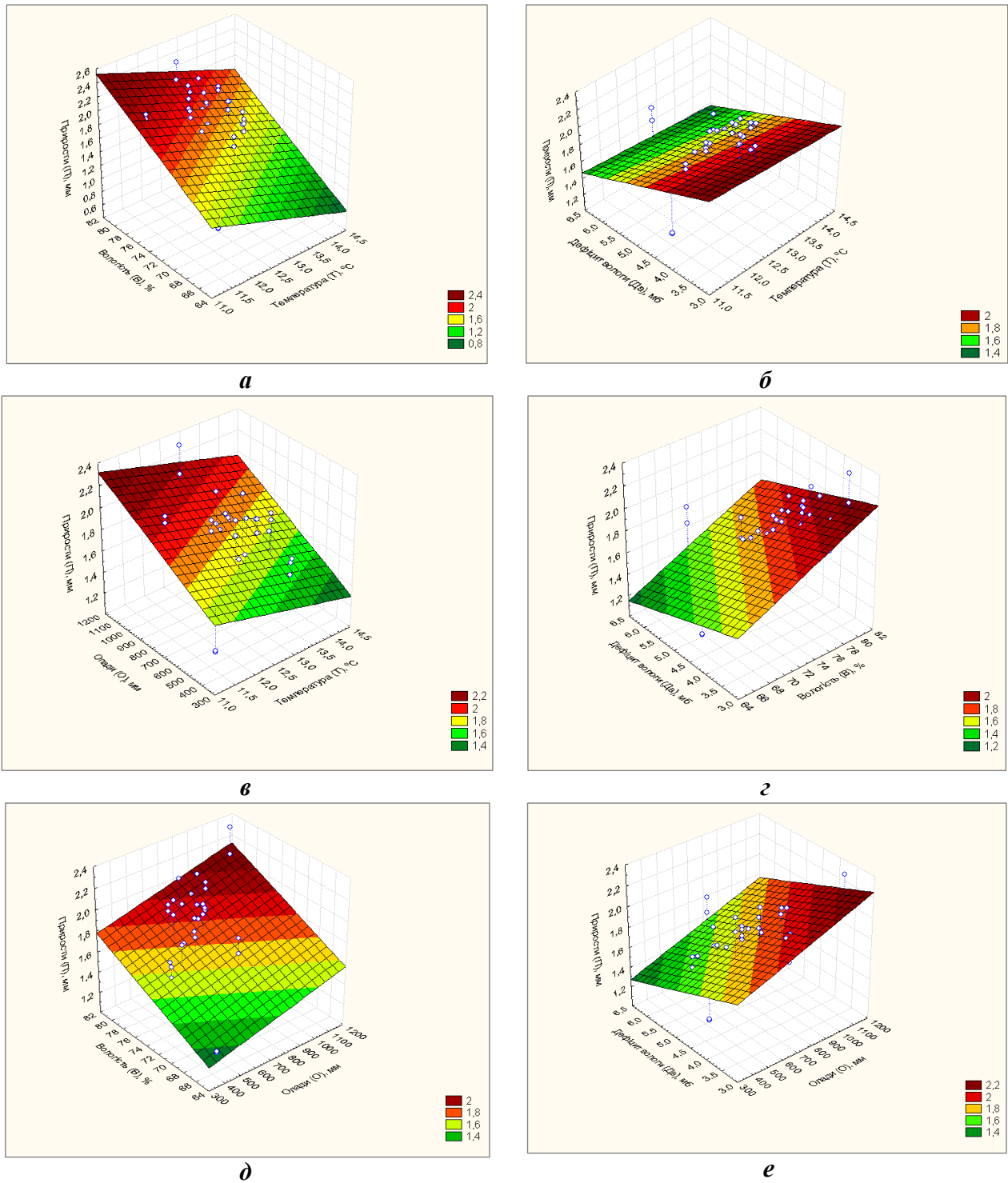


Рис. 2 – Регресійні моделі взаємозв'язку радіального приросту бука в чистих середньовікових деревостанах із кліматичними показниками за вегетаційний період: температурою і вологістю повітря (*a*), температурою повітря і дефіцитом вологи (*б*), температурою повітря і опадами (*в*), вологістю повітря і дефіцитом вологи (*г*), опадами і вологістю повітря (*д*), опадами і дефіцитом вологи (*е*)

Розраховані коефіцієнти свідчать про наявність тісного кореляційного зв'язку між радіальним приростом і температурою повітря й вологістю повітря ($R = 0,74$), помірного – з температурою повітря та дефіцитом вологи ($R = 0,48$) та значного ($R = 0,56...0,59$) – з температурою повітря та опадами, вологістю повітря й дефіцитом вологи, опадами й вологістю повітря, опадами й дефіцитом вологи.

Із рис. 2 випливає, що у міру підвищення температури повітря до 13–14°C і дефіциту вологи до 6–6,5 мб та зі зменшенням кількості опадів до 500–300 мм і вологості повітря до 70–64 % ширина радіального приросту становить у межах 1,21–1,50 мм, а за середньої температури повітря 11–12°C відповідає середнім багаторічним значенням (Mazepa & Shyshkanynets 2013). За дефіциту вологи 3–4 мб та збільшення кількості опадів до 800–1100 мм і вологості повітря до 76–80 % ширина радіального приросту бука є максимальною і становить 1,92–2,28 мм.

Висновки. У чистих середньовікових букових деревостанах, які ростуть в оптимальних для бука умовах, за період 1992–2013 рр. виявлено високі кореляційні зв'язки радіального приросту дерев із комплексом кліматичних показників за вегетаційний період (опадами, температурою і вологістю повітря та дефіцитом вологи) та побудовано відповідні регресійні моделі.

Річні прирости дерев бука, які ростуть на схилах північної експозиції, дещо тісніше корелюють із кліматичними показниками, ніж прирости тих, що ростуть на південних схилах. У середньовікових букових деревостанах найбільш суттєво на радіальний приріст впливають вологість і температура повітря, а дефіцит вологи та опади – неістотно. Виявлено значення кліматичних показників, за яких визначено мінімальний або максимальний радіальний приріст букових деревостанів.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Adaptatsiya do zminy klimatu [Adaptation to climate change]. 2015. Karpatskyi Instytut Rozvytku. Agentstvo spryiaannia stalomu rozvytku Karpatskogo regionu „Forza”, 83 p. (in Ukrainian).
- Bitvinskas, T. T. 1974. Dendroklimaticheskie issledovaniya [Dendroclimate studies]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 172 p. (in Russian).
- Dospekhov, B. A. 1985. Metodyka polevoho opyta [Methodology of field research]. Kyiv, Ahropromyzzdat, 351 p. (in Russian).
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. [Electronic resource]. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 p. Available from: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/> (last accessed date 15.11.2018).
- Koval, I. M. 2006. Dendrokronologiya v Ukraini: retrospektyva i perspektyvy rozvytku [Dendrochronology in Ukraine: retrospective and prospective of development]. [Electronic resource]. Lisove gospodarstvo, lisova, paperova i derevoobrobna promyslovist [Forestry, forest, paper and woodworking industry], 31: 221–228. Available from: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Lisove-gospodarstvo-l-p-d-promyslovist/2006_31/221_Koval_LG_31.pdf (last accessed date 15.11.2018) (in Ukrainian).
- Loveliuss, N. V. 1979. Izmenchivost prirosta derevyev. Dendroindikatsiya prirodnykh protsessov i antropogennykh vozdeyitviy [Variability of growth of trees. Dendroindication of natural processes and anthropogenic effects]. Leningrad, Nauka, 232 p. (in Russian).
- Matveev, S. M. and Rumiantsev, D. E. 2013. Dendrokronologiya [Dendrochronology]. Voronezh, FGBOU VPO “VGLTA”, 140 p. (in Russian).
- Mazepa, V. G. and Shyshkanynets, I. F. 2013. Tendentsii do zminy klimatu na foni tsyklichnykh kolyvan aktyvnosti sontsia v raioni verkhnoi tekhii richky Latorytsia [Tendencies of climate change against cyclical fluctuation of solar activity in the Latorytsia river upstream region]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU], 23.5: 88–94 (in Ukrainian).
- Mazepa, V. G. and Shyshkanynets, I. F. 2014. Osoblyvosti formuvannia radialnoho pryrostu bukovykh derevostaniv Stryisko-Mizhgirskoi Verkhovyny [Peculiarities of radial increment formation of the Stryi-Mizhhirska verhovyna beech stands]. Naukovi pratsi Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrayiny [Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine], 12: 79–85 (in Ukrainian).
- Molotkov, P. I. 1966. Bukovye lesa i khoziaistvo v nikh [Beech forests and their management]. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 224 p. (in Russian).
- Shyshkanynets, I. F. 2015. Osoblyvosti formuvannia bukovykh lisostaniv u verkhivi baseinu richky Latorytsia [The peculiarities of beech forest stands formation in Latorytsia river-basin upstream]: Avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. s.-h. nauk [Extended abstract of PhD dissertation]. Lviv, 20 p. (in Ukrainian).
- Shyshkanynets, I. F. and Mazepa, V. G. 2014. Vplyv klimatu na radialnyi pryrist rannoyi ta piznoyi derevyny buka v umovakh hirskykh bukovykh lisiv baseynu richky Latorytsia [Climate affecting the radial increment of young and

late beech wood under the conditions of mountain beech forests of Latorytsia water-collecting area]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific Bulletin of UNFU], 24.2: 68–74 (in Ukrainian).

Stoiko, S. M. 2011. Vplyv hlobalnoi zminy klimatu na lisovi formatsiyi Karpat [Global climate changes impact on the forest ecosystems in the Carpathians]. *Naukovi pratsi Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrainy* [Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine], 9: 21–28 (in Ukrainian).

Tyshkevich, G. L. 1984. Vliyaniye rubok ukhoda na formirovaniye drevesiny buka v molodykh kulturakh [Effects of thinning on the formation of beech wood in young cultures]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry Journal], 5: 8–12 (in Russian).

von Jazewitsch, W. 1953. Jahrringchronologie der Spessart-Buchen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 72(7/8): 234–247. <https://doi.org/10.1007/BF01819371>.

Zhuravleva, O. V. 2014. Dendroindikatsiya izmeneniy prirodnoy obstanovki na verhnei granitse lesa v gorakh Altaya [Electronic resource]. Gorno-Altaysk, RIO GAGU, 118 p. Available from: [http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=262:dendroindikatsiya-izmenenij-prirodnoj-obstanovki-na-verkhnej-granitse-lesa-v-gorakh-altaya&catid=3:biology&Itemid=161_\(last accessed date 15.11.2018\)](http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=262:dendroindikatsiya-izmenenij-prirodnoj-obstanovki-na-verkhnej-granitse-lesa-v-gorakh-altaya&catid=3:biology&Itemid=161_(last%20accessed%20date%2015.11.2018)) (in Russian).

Shyshkanynets I. F.¹, Mazepa V. G.²

INFLUENCE OF CLIMATE ON THE RADIAL INCREMENT OF BEECH IN THE MIDDLE-AGED STANDS IN UPPER REACHES OF THE LATORYTSYA RIVER BASIN

1. National Nature Park "Zacharovanyi Krai"

2. Ukrainian National Forestry University

The influence of climate characteristics on the beech radial increment in the middle-aged stands in the mountain conditions on the slopes of different exposure has been investigated. Annual increment of beech trees growing on the northern slopes are more closely correlated with climatic indices than of those growing on the southern slopes. Significant correlations were found and regression models of the relationship between the beech radial increment and set of climatic indices during the vegetation period (a saturation deficit, air humidity, average annual temperature and rainfall) were obtained. Radial increment of the middle-aged beech stands was the most influenced by humidity and air temperature. The climatic indices values for the observed minimum or maximum radial increment of the beech trees were identified. At the normal air temperature of 11–12°C and the saturation deficit of 3–4 mb and precipitation increase up to 800–1100 mm along with air humidity of 76–80 % the value of radial increment of beech was maximum and was in the range of 1.92–2.28 mm.

Key words: beech forest, radial increment, slope exposure, correlation, climatic indices.

Шишканинец И. Ф.¹, Мазепа В. Г.²

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ БУКА В СЕРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ ДРЕВОСТЯХ В ВЕРХОВЬЯХ БАССЕЙНА РЕКИ ЛАТОРИЦА

1. Национальный природный парк „Зачарованный край“

2. Национальный лесотехнический университет Украины

Исследовано влияние климатических показателей на радиальный прирост бука в средневозрастных древостоях и особенности его формирования в горных условиях на склонах разной экспозиции. Годовой прирост деревьев бука, растущих на склонах северной экспозиции, более тесно коррелирует с климатическими показателями, чем приросты деревьев, растущих на южных склонах. Выявлены корреляционные связи и получены регрессионные модели взаимосвязи радиального прироста буковых древостоев с комплексом климатических показателей за вегетационный период: дефицитом влаги, влажностью воздуха, среднегодовой температурой воздуха и количеством осадков. В средневековых буковых древостоях наиболее существенно на радиальный прирост влияют влажность и температура воздуха. Выявлены значения климатических показателей, при которых отмечены минимальные или максимальные значения радиального прироста буковых деревьев. При средней многолетней температуре воздуха 11–12°C и дефиците влаги 3–4 мб с увеличением количества осадков до 800–1100 мм и влажности воздуха до 76–80 % величина радиального прироста бука является максимальной и составляет 1,92–2,28 мм.

Ключевые слова: буковые древостои, радиальный прирост, экспозиция склона, корреляционные зависимости, климатические показатели.

E-mail: vasyl.mazepa@gmail.com

Одержано редколегією: 27.11.2018