

ISSN 2664-4452

2019 | 10 (2)



Ukrainian Journal of Forest and Wood Science

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ ЛІСІВНИЦТВА ТА ДЕРЕВИНОЗНАВСТВА

Науковий журнал. Vol. 10, No 2, 2019
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

Засновник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Редакційна колегія

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

П. І. Лакида, д. с.-г. н., проф.,
чл.-кор. НААН України

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

А. М. Білоус, д. с.-г. н., с. н. с.
В. В. Мирюнюк, к. с.-г. н., доц.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

В. І. Мельник, к. с.-г. н.

ЗАСТУПНИК ВІДПОВІДАЛЬНОГО СЕКРЕТАРЯ

В. І. Бليщик, к. с.-г. н.

ЧЛЕНИ КОЛЕГІЇ

205 – Лісове господарство

Р. Д. Василишин, д. с.-г. н., доц.
С. В. Зібцев, д. с.-г. н., проф.
Флоріан Кракснер, Ph.D. (Австрія)
С. Б. Ковалевський, д. с.-г. н., проф.
І. П. Лакида, к. с.-г. н., доц.
А. З. Швиденко, д. с.-г. н., проф. (Австрія)

206 – Садово-паркове господарство

О. В. Колесніченко, д. б. н., доц.
Н. О. Олексійченко, д. с.-г. н., проф.
С. Ю. Попович, д. б. н., проф.
М. І. Сорока, д. б. н., проф.

187 – Деревообробні та меблеві технології

П. А. Бехта, д. техн. н., проф.
А. М. Єрошенко, к. техн. н., доц.
О. О. Пінчевська, д. техн. н., проф.
Олександр Саленікович, Ph.D. (Канада)
Ю. В. Цапко, д. техн. н., с. н. с.
М. Г. Чаусов, д. техн. н., проф.

EDITOR-IN-CHIEF

Petro Lakyda,
Dr. Sci., Prof.

DEPUTY CHIEF EDITORS

Andrii Bilous, Dr. Sci., Prof.
Viktor Myroniuk, Ph.D., Assoc. Prof.

EXECUTIVE SECRETARY

Viktoriia Melnyk, Ph.D.

DEPUTY EXECUTIVE SECRETARY

Volodymyr Blyshchuk, Ph.D.

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Forestry

Roman Vasylyshyn, Dr. Sci., Assoc. Prof.
Sergiy Zibtsev, Dr. Sci., Prof.
Florian Kraxner, Ph.D.
Serhii Kovalevsky, Dr. Sci., Prof.
Ivan Lakyda, Ph.D., Assoc. Prof.
Anatoly Shvidenko, Dr. Sci., Prof.

Landscape-Park Management

Olena Kolesnichenko, Dr. Sci., Assoc. Prof.
Nadiia Oleksiichenko, Dr. Sci., Prof.
Serhii Popovych, Dr. Sci., Prof.
Myroslava Soroka, Dr. Sci., Prof.

Wood Processing and Furniture Technologies

Pavlo Bekhta, Dr. Sci., Prof.
Andriy Yeroshenko, Ph.D., Assoc. Prof.
Olena Pinchevska, Dr. Sci., Prof.
Alexander Salenikovich, Ph.D.
Yuriy Tsapko, Dr. Sci., Prof.
Mykola Chausov, Dr. Sci., Prof.

Адреса редакції:

03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15. | Тел./факс: +380 44 527 87 20 | e-mail: nti_dep@nubip.edu.ua

Рекомендовано до друку

Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України
Протокол № 1 від 28.08. 2019 р.

Свідцтво про державну реєстрацію КВ №23989-13829ПП від 19.06.2019 р.

Науковий редактор – Пазюк О.Г.

Підписано до друку 05.09.2019 р. Формат 70х100/16. Друк офсетний.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 9,26. Зам. № 1117.

Віддруковано у ТОВ "КОМПРИНТ"

03150, м. Київ, вул. Предславинська, 28, тел.: 067-209-54-30

CONTENTS

FORESTRY

Bala O. P., Terentiev A. Yu., Lakyda I. P. THEORETICAL PRECONDITIONS FOR GROWTH MODELLING OF MODAL STANDS OF HARDWOOD BROADLEAVED TREE SPECIES	4
Goychuk A. F., Drozda V. F., Kulbanska I. M., Shvets M. V. BACTERIOSES OF FOREST WOODY PLANTS IN THE FORESTS OF POLISSYA AND FOREST-STEPPE OF UKRAINE.....	14
Kovalevsky S. B., Marchuk Yu. M., Mayevsky K. V., Kurdyuk O. M. SUCCESSION PROCESSES ON THE TERRITORIES DISRUPTED DUE TO ILLEGAL AMBER MINING OF ZHYTOMYR REGIONAL FORESTRY AND HUNTING ADMINISTRATION	26
Maurer V. M., Chemerskii O. Yu., Dudarets S. M., Odarchenko I. S., Petlovyi A. S., Deresh A. O. FEATURES OF ROOTING AND GROWTH OF POPLAR CULTIVARS' PLANTED CUTTINGS IN CONDITIONS OF FAIRLY INFERTILE OAK SITE TYPE OF KYIV FOREST-STEPPE ZONE.....	41
Myroniuk V. V., Bilous A. M., Diachuk P. P. PREDICTING FOREST STAND PARAMETERS USING THE k -NN APPROACH.....	51
Popovych S. Yu., Vlasenko A. S. THE NETWORK OF ARTIFICIAL RESERVE PARKS OF THE DNISTER RIVER BASIN IN THE TRANS-REGIONAL MEASUREMENT	64
Yavorovskiy P. P., Hurzhii R. V., Sydorenko S. H. FORMATION OF THE COMPLEX OF GROUND FOREST COMBUSTIBLE MATERIALS IN PINE FORESTS OF KYIV POLISSYA.....	72

LANDSCAPE-PARK MANAGEMENT

Gatalska N. V. EQUIVALENCE OF EVALUATION OF AESTHETIC QUALITIES OF A PARK ENVIRONMENT BY DIFFERENT RESEARCH METHODS	81
Oleksiichenko N. O., Mavko M. S. THE PECULIARITIES OF ASSESSMENT AND FORMATION OF FUNCTIONAL COLORING OF THE TARAS SHEVCHENKO PARK IN KYIV.....	91

WOOD PROCESSING AND FURNITURE TECHNOLOGIES

Pinchevska O. O., Zavorotnuk O. V. THE INFLUENCE OF POLYMERIC BINDER AGING ON THE WOODFIBER PLATES DURABILITY	103
--	-----

ЗМІСТ

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Бала О. П., Терентьев А. Ю., Лакида І. П. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ХОДУ РОСТУ МОДАЛЬНИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ТВЕРДОЛИСТЯНИХ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ (англійською мовою).....	4
Гойчук А. Ф., Дрозда В. Ф., Кульбанська І. М., Швець М. В. БАКТЕРІОЗИ ЛІСОВИХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У ЛІСАХ ПОЛІССЯ ТА ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	14
Ковалевський С. Б., Марчук Ю. М., Маєвський К. В., Курдюк О. М. СУКЦЕСІЙНІ ПРОЦЕСИ НА ТЕРИТОРІЯХ ЖИТОМИРСЬКОГО ОБЛАСНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІСОВОГО ТА МИСЛИВСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА, ПОРУШЕНИХ УНАСЛІДОК НЕЗАКОННОГО ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ	26
Маурер В. М., Чемерський О. Ю., Дударець С. М., Одарченко І. С., Петльовий А. С., Дереш А. О. ОСОБЛИВОСТІ ВКОРІНЕННЯ ТА РОСТУ ЖИВЦЕВИХ САДЖАНЦІВ КУЛЬТИВАРІВ ТОПОЛІ У СУДІБРОВНИХ УМОВАХ КИЇВСЬКОГО ЛІСОСТЕПУ	41
Миронюк В. В., Білоус А. М., Дячук П. П. ПРОГНОЗУВАННЯ ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕРЕВОСТАНІВ НА ОСНОВІ k-NN МЕТОДУ	51
Попович С. Ю., Власенко А. С. МЕРЕЖА ШТУЧНИХ ЗАПОВІДНИХ ПАРКІВ БАСЕЙНУ ДНІСТРА У ТРАНСРЕГІОНАЛЬНОМУ ВИМІРІ	64
Яворовський П. П., Гуржій Р. В., Сидоренко С. Г. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ НАЗЕМНИХ ЛІСОВИХ ГОРЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ У СОСНОВИХ ЛІСАХ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ	72

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Гатальська Н. В. ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ ОЦІНОК ЕСТЕТИЧНИХ ЯКОСТЕЙ ПАРКОВОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	81
Олексійченко Н. О., Мавко М. С. ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЦІЛЬОВОГО КОЛОРИТУ ПАРКУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА У М. КИЄВІ	91

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Пінчевська О. О., Заворотнюк О. В. ВПЛИВ СТАРІННЯ ПОЛІМЕРНОГО В'ЯЖУЧОГО НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ДЕРЕВИННОВОЛОКНИСТИХ ПЛИТ ...	103
---	------------

THEORETICAL PRECONDITIONS FOR GROWTH MODELLING OF MODAL STANDS OF HARDWOOD BROADLEAVED TREE SPECIES

O. P. Bala, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Department of Forest Mensuration and Forest Management,
A. Yu. Terentiev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate
Professor of Department of Forest Mensuration and Forest Management,
I. P. Lakyda, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Department of Forest Mensuration and Forest Management,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
E-mail: bala@nubip.edu.ua

Development of reference materials for assessment of dynamics of biometric parameters of modal stands is an important component of research of forests' productivity. In this research, on basis of a stand-level database of IA "Ukrderzhlisproekt" we have statistically justified allocation of pure and mixed stands for hardwood broadleaved tree species by means of cluster analysis and graphical comparison of dendrograms of cluster objects for the main biometric indices (mean height, mean diameter and growing stock per 1 ha). The results prove that for the majority of factors stands with 9 out of 10 units of a certain species in composition belong to the same cluster as those with 3 to 8 units. This has enabled us to allocate pure stands as those featuring 10 units of a certain species in composition. The next stage was to test the null hypothesis on the significance of the difference between the mean values of the main biometric indices of the stand groups allocated from the stand-level database. The groups included pure and mixed stands, stands of natural and artificial, seed and vegetative origin. The statistical toolbox applied includes the Student's t-test and Fisher's F-test. As a result, after an analysis of the calculated indices, considering the structure of the stands in question in terms of their species composition and origin, we have allocated 6 groups for oak, 2 – for beech, 3 – for hornbeam and 3 – for ash stands. Further research of growth and productivity of the hardwood broadleaves linked with the development of yield tables for modal stands should be based on the allocated groups and dynamic site index scales.

Keywords: composition of a stand, origin of a stand, cluster analysis, biometric indices, Student's t-test, Fisher's F-test.

Introduction. Improving the information system for assessing forest resources in Ukraine is a rather important task that requires developing the appropriate reference data for estimating and forecasting the growth of the main forest-forming tree species with an account for regional characteristics and growth conditions, origin, and composition. The development of reference materials for assessing the dynamics of biometric indices of modal stands is an important component of the research of forests' productivity. The norms enable objective evaluating the current state of the forest resources in the most widespread tree stands, predicting their growth, and controlling the related forest management activities.

One of the crucial stages in developing growth forecasting standards for modal stands is the analysis, evaluation, and modeling of the dynamic growth processes that occur in them. First and foremost, an important step is to decide which stands have to be considered when developing the yield tables for modal stands. For this, it is required to know which stands of hardwood tree species are the most common. The next step is the study of the possibility for grouping the experimental data into statistically substantiated homogeneous groups, which differ from each other or, conversely, are similar. Actually, it is important to clarify the definition of a pure stand in terms of the presence of an admixture of other tree species in its composition. Also, it is expedient to statistically substantiate the similarity or difference between the pure and mixed, natural and artificial stands, as well as between the stands of seed and vegetative origin for the tree species in question.

Analysis of recent studies. The vast majority of research in the sphere of forest mensuration is accompanied by

the use of a large number of methods of mathematical statistics and the systematic approach for establishing dependencies between biometric indices (Nikitin & Shvidenko, 1978). Recent works devoted to the modeling and forecasting growth for the main biometric indices are based on the theoretical preconditions for modeling growth processes in forest stands. In particular, Lakyda P.I and other researchers (Lakyda & Volodymyrenko, 2008, Lakyda & Bala, 2012, Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012, Lakyda & Atamanchuk, 2014, Lakyda & Aleksiiuk, 2017) have applied the methods of cluster analysis and analysis of variance. Similar studies have also been carried out for oak stands in the Forest-Steppe zone and beech stands in the Carpathian region (Bala, Terentiev & Vasylyshyn, 2011, Bala & Terentiev, 2011, Vasylyshyn, 2016). In those studies, hypotheses about the significance of the difference between the main biometric indicators were statistically validated, and also the average values and their mean square deviations were graphically compared. The article by Bala reports on the statistical justification for the choice of a grading factor for hardwood broadleaved tree species that was made by dividing the original experimental material by site index classes and types of forest growth conditions (Bala, 2018). However, consideration should be given to the possibility of separating the studied stands into homogeneous groups by their composition and origin.

Aim of research. Within this research we aim at statistical validation of the null hypothesis about the significance of the difference between the average biometric indices of different groups of hardwood broadleaved stands, separated by origin and composition. Also, our aim is to determine which

of those groups are suitable for further development of yield tables for modal stands oak, beech, ash and hornbeam.

Materials and methods of research. To carry out the research, we have used the data on the mean biometric indices from the stand-level database of IA “Ukrderzhlisproekt” for the entire territory of Ukraine separated by the studied hardwood broadleaved tree species, by stand composition, and origin. The research was based on the principles of the systematic approach, employed modern information technologies and software (IBM SPSS Statistics). The research combines general scientific and special (silvicultural, mensurational, and biometric) methods of cognition.

Results and discussion. At the first stage of the research, we carried out a comparison of pure and mixed stands of the studied tree species and determined the definition of pure and mixed stands in terms of percentage of the main tree species in the species composition. In accordance with DSTU 3404-96 “Silviculture. Terms and definitions” (DSTU 3404-96, 1997) pure stands are those consisting of a certain tree species with individual trees of other species. However, in forest management planning practice, in particular, according to the draft “Instruction on inventory of forest fund of Ukraine” (State Agency of Forest Resources of Ukraine, 2014) stands are divided into separate compartments when there is a difference equal to or greater than 2 units (20 %) in the composition coefficients. Also, this document regulates the determination of the number of relascope and circular enumeration sites under the applied mensuration technique, in which one category includes pure stands and stands with the presence of 8 to 9 units (80-90 %)

of the dominant tree species. In fact, in practice of forest management planning and forest mensuration, nominally pure stands are defined as those with 8 to 10 units (80-100 %) of the main tree species in their composition.

For statistical validation of the null hypothesis about the significance of the difference between the mean biometric indices of stands with different composition, the database was separated into three groups for each tree species according to the following features:

- the first group – stands that consist of 10 composition units (100 %) of the investigated tree species (hereinafter referred to as 10);
- the second group – stands with the share of 9 units (90 %) of the investigated tree species in the stand composition (hereinafter referred to as 9);
- the third group – stands that consist of 30 to 80 % (from 3 to 8 units) of the tree species in question (hereinafter referred to as 38).

Stands featuring less than 3 units (30 %) of the studied tree species in composition were not considered.

To compare the above groups, we employ cluster analysis methods (Shmoilova, Mynashkyn, Sadovnikova & Shuvalova, 2005), which is used for data classification and grouping. Cluster analysis is a statistical procedure that, based on information from certain samples, organizes objects in relatively homogeneous clusters. The algorithm of calculations involves combining objects according to certain features into sufficiently large clusters, using a certain degree of similarity or distance between the objects.

When defining clusters, the following concepts are used:

- distance measure – calculates distance matrices by a certain chosen method;

- association rule – chooses the methods of combining objects into different clusters.

When conducting cluster analysis, we calculate the matrix of distances using a certain distance measure, depending on the chosen association rule (method). Further, the assignment of objects to certain clusters and the formation of a tree-like structure takes place.

The most widely used type of distance measure for the calculations is the “Euclidean distance”. It is calculated as a simple geometric distance in a multidimensional space, following the special procedure, namely, the formula below (Shmoilova et al., 2005):

$$\text{dist}(x, y) = \left[\sum (x_i - y_i)^2 \right]^{1/2}, \quad (1)$$

where x_i – values of indices for the first group;

y_i – values of indices for the second group.

The calculations were carried out using the IBM SPSS Statistics software package. We defined Ward’s method with the interval measure of the squared «Euclidean distance» as an association rule. The selected method employs the approaches of analysis of variance to estimate the distance between clusters. The method minimizes the sum of squares for any two clusters that can be formed at each step.

We have carried out grouping into clusters for the following biometric indices: average height, average diameter and growing stock per hectare. The results have been obtained in the form of a dendrogram that reflects separation of the research data into the two clusters. That is, from the three initial data groups, the most similar two are identified and grouped into one cluster.

The calculations described above enable us to draw a conclusion that by average height and diameter of the stands, those with the share of 3 to 8 units (30 to 80 %) of the investigated tree species in its composition are in the same cluster with a group of stands with 10 units (100 %). A separate cluster is formed by the stands, which feature 9 units (90 %) of the studied tree species in composition. Since clusters are formed by groups that are not adjacent, this is a prerequisite to assert that there is no need for the separation of pure and mixed oak stands. By the average growing stock, the “38” group of stands is associated with the “9” group into a single cluster. This can serve as another confirmation for allocation of pure stands as those featuring exclusively 10 units of oak (100 %) in their composition.

A similar analysis was carried out for other hardwood broadleaved tree species. The results prove that for beech stands, the pure ones should be defined as those with 9 and 10 units (90 and 100 %) of beech in composition, and according to average height and growing stock – exclusively 10 units (100 %). For ash and hornbeam stands, the “38” group is associated with the “9” group into a single cluster for all biometric indices in question. This testifies the need to allocate pure stands as those with 10 units (100 %) of the respective tree species. Summing up, it can be argued that for all the studied species the most substantial differences are observed when considering the index of average diameter since the “9” group can be attributed both to group “10” and to group “38” for different tree species. When analyzing average height, for all tree species, except for oak, the group “9” belongs to the same cluster as the group “38”. By growing stock, this tendency is observed for all the investigated tree species. Taking into

account that the share of tree species in growing stock of a stand is used for determining its composition, it is possible to conclude that pure stands are those that feature 10 units (100 %) of the main tree species, the others should be considered as mixed.

The next stage of the research is linked with the verification of the null hypothesis about the significance of the difference between the mean values of the main biometric indices for stands of hardwood broadleaved species in the groups of pure and mixed ones, of artificial and natural origin, and of seed and vegetative origin. To do this, we have separated the stand-level database of

IA “Ukrderzhlisproekt” into the groups by composition and origin and calculated Student’s *t*-criterion (Student, 1908) and Fischer’s *F*-criterion (Abramowitz, Milton, Stegun & Irene, 1965). The first one is calculated based on the mean values of the studied groups and their main errors, the second one – on the basis of calculation of the variances of the two samples by comparing them with the corresponding critical values (Nikitin & Shvidenko, 1978). We have used the four main biometric indices, namely average age, average height, average diameter and growing stock per hectare. The calculated statistical indices for oak stands are presented in Table 1.

1. Statistical indices of comparison of the studied groups of oak stands

Biometric indices	Statistical indices								
	mean value		t-criterion	number of degrees of freedom		p-level of significance	standard deviation		Fisher's F-criterion
	A	B		A	B		A	B	
Pure (A) and mixed (B) stands									
Age, years	73	63	92,607	82196	352420	0,000	25,368	27,577	1,182
Average height, m	19,9	18,6	56,192	82196	352420	0,000	5,341	6,400	1,436
Average diameter, cm	26,3	23,6	70,011	82142	352340	0,000	8,927	9,988	1,252
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	214	200	38,198	82196	352420	0,000	85,540	93,593	1,197
Stands of seed (A) and vegetative (B) origin									
Age, years	61	80	185,773	352999	81617	0,000	27,361	21,831	1,571
Average height, m	18,2	21,6	143,281	352999	81617	0,000	6,4438	4,2621	2,286
Average diameter, cm	22,8	30,0	196,511	352876	81606	0,000	9,8049	7,6671	1,635
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	198	222	67,825	352999	81617	0,000	95,467	73,836	1,672
Stands of artificial (A) and natural (B) origin									
Age, years	53	84	417,703	269783	164833	0,000	21,401	25,826	1,456
Average height, m	16,8	22,2	306,023	269783	164833	0,000	6,2946	4,4180	2,030
Average diameter, cm	20,0	30,8	415,845	269663	164819	0,000	8,0170	8,8220	1,211
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	185	232	167,507	269783	164833	0,000	96,719	76,027	1,618

The data in Table 1 shows that the actual values of the Fisher's F -criterion for all the compared groups of stands and for all biometric indicators exceed the critical ones, which for our number of degrees of freedom are equal to 1000. This indicates the absence of similarity between the studied groups of stands. According to the Student's t -criterion, the sample should be considered similar if the t -value does not exceed the critical one, which is equal to 2 at the probability of 0,95. According to this criterion, the biggest difference is between the groups of stands of artificial and natural origin, the smallest – between pure and mixed oak stands. Taking into account

that stands of vegetative origin have a share of about 26 % all the oak stands, of natural seed origin – over 20 %, and of artificial origin – about 52 %, it is decided that in future yield tables for modal stands should be developed for the following groups:

- seed natural pure stands;
- seed natural mixed stands;
- seed artificial pure stands;
- seed artificial mixed stands;
- vegetative natural pure stands;
- vegetative natural mixed stands.

Similar calculations of statistical indices of the compared groups were made for beech stands and are shown in Table 2.

2. Statistical indices of comparison of the studied groups of beech stands

Biometric indices	Statistical indices								
	mean value		t-criterion	number of degrees of freedom		p-level of significance	standard deviation		Fisher's F-criterion
	A	B		A	B		A	B	
Pure (A) and mixed (B) stands									
Age, years	87	75	43,811	27990	113785	0,000	37,292	41,818	1,257
Average height, m	24,8	21,8	59,839	27990	113785	0,000	5,766	7,685	1,776
Average diameter, cm	31,4	27,5	48,788	27987	113718	0,000	10,498	12,372	1,389
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	317	276	48,544	27990	113783	0,000	107,01	128,11	1,433
Stands of seed (A) and vegetative (B) origin									
Age, years	77	78	0,956	136328	5447	0,000	41,437	35,989	1,326
Average height, m	22,5	20,8	16,556	136328	5447	0,000	7,493	5,656	1,755
Average diameter, cm	28,3	26,5	10,761	136259	5446	0,000	12,202	9,866	1,530
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	286	254	18,196	136327	5447	0,000	125,64	111,08	1,279
Stands of artificial (A) and natural (B) origin									
Age, years	36	83	150,899	17172	124603	0,000	22,104	40,001	3,275
Average height, m	13,5	23,7	187,869	17172	124603	0,000	8,156	6,421	1,613
Average diameter, cm	15,1	30,1	166,347	17160	124545	0,000	9,773	11,261	1,328
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	176	299	127,399	17172	124601	0,000	139,49	115,48	1,459

The results in Table 2 show that the actual values of the Fisher's *F*-criterion for all the compared groups of stands and for all biometric indicators exceed the critical ones, so the groups are not similar. According to the Student's *t*-criterion, the biggest difference is between the groups of stands of artificial and natural origin, the smallest – between beech stands of seed and vegetative origin. Taking into account that stands of vegetative origin have a share of about 3,7 % all the beech stands, of artificial origin – about 8,8 %, it is decided that in future yield tables for modal stands should be developed for the following groups:

- seed natural pure stands;
- seed natural mixed stands.

Calculations of the statistical indices for the compared groups of hornbeam stands are presented in Table 3.

Statistical indices of comparison of the studied groups of hornbeam stands (Table 3) show that there is almost no difference between artificial and natural hornbeam stands. The least similar are the stands of seed and vegetative origin. Pure and mixed stands have a significant difference by average growing stock per hectare. Considering that vegetative stands occupy 67,2 % of all the stands with hornbeam in their composition, and those of artificial origin – only 0,6 %, it is decided that in future yield tables for modal stands should be developed for the following groups:

3. Statistical indices of comparison of the studied groups of hornbeam stands

Biometric indices	Statistical indices								
	mean value		t-criterion	number of degrees of freedom		p-level of significance	standard deviation		Fisher's F-criterion
	A	B		A	B		A	B	
Pure (A) and mixed (B) stands									
Age, years	58	57	1,402	7130	109249	0,000	21,966	23,629	1,157
Average height, m	17,5	17,1	6,195	7130	109249	0,000	4,644	5,170	1,239
Average diameter, cm	19,6	18,4	15,900	7129	109238	0,000	5,807	6,246	1,157
Growing stock, m ³ .ha ⁻¹	162	192	29,543	7130	109249	0,000	72,241	84,192	1,358
Stands of seed (A) and vegetative (B) origin									
Age, years	59	57	18,930	37222	79157	0,000	23,661	23,416	1,021
Average height, m	17,8	16,8	30,689	37222	79157	0,000	5,403	4,980	1,177
Average diameter, cm	19,2	18,1	29,198	37218	79149	0,000	6,540	6,040	1,172
Growing stock, m ³ .ha ⁻¹	205	183	41,477	37222	79157	0,000	89,570	80,044	1,252
Stands of artificial (A) and natural (B) origin									
Age, years	55	57	3,099	1078	115301	0,000	20,150	23,559	1,367
Average height, m	17,3	17,1	1,293	1078	115301	0,000	5,037	5,141	1,042
Average diameter, cm	19,0	18,4	2,925	1078	115289	0,000	6,022	6,229	1,070
Growing stock, m ³ .ha ⁻¹	184	190	2,401	1078	115301	0,000	80,453	83,851	1,086

- vegetative natural pure stands;
- vegetative natural mixed stands;
- seed natural mixed stands.

Calculations of statistical indices for the compared groups of ash stands are given in Table 4.

The data presented in Table 4 enables to trace the fact that by the Fisher's F-criterion all the compared groups of stands and for all biometric indicators are different from one another. According to the Student's t-criterion, the biggest difference is between the groups of stands of artificial and natural origin, the smallest – between pure and mixed ash stands. Given that stands of vegetative origin have a share of about 39,2 % of all the ash stands, of seed

natural origin – 24,2 %, of artificial origin – 36,6 %, and pure stands – only 4,6 %, it is decided that in future yield tables for modal ash stands should be developed for the following groups:

- seed natural mixed stands;
- seed artificial mixed stands;
- vegetative natural mixed stands.

Conclusions and opportunities. As a result of the statistical processing (cluster analysis) of the database of IA “Ukrderzhlisproekt” for hardwood broadleaved tree species of Ukraine, namely for stands with the participation of oak, beech, ash and hornbeam, we have justified that those stands that have 10 units of the main tree species in their compositions should be

4. Statistical indices of comparison of the studied groups of ash stands

Biometric indices	Statistical indices								
	mean value		t-criterion	number of degrees of freedom		p-level of significance	standard deviation		Fisher's F-criterion
	A	B		A	B		A	B	
Pure (A) and mixed (B) stands									
Age, years	54	59	20,177	9479	95567	0,000	20,309	24,636	1,471
Average height, m	17,5	19,1	23,661	9479	95567	0,000	6,564	6,603	1,012
Average diameter, cm	21,2	23,2	21,573	9454	95556	0,000	7,942	8,934	1,266
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	182	197	14,511	9479	95567	0,000	103,79	99,027	1,099
Stands of seed (A) and vegetative (B) origin									
Age, years	56	63	42,961	73602	31444	0,000	22,082	28,304	1,643
Average height, m	18,6	20,0	32,458	73602	31444	0,000	6,635	6,464	1,053
Average diameter, cm	22,3	24,7	39,963	73589	31421	0,000	8,587	9,288	1,170
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	191	208	25,313	73602	31444	0,000	99,832	97,921	1,039
Stands of artificial (A) and natural (B) origin									
Age, years	52	65	87,830	52881	52165	0,000	18,381	27,703	2,271
Average height, m	17,3	20,7	87,978	52881	52165	0,000	6,262	6,510	1,081
Average diameter, cm	20,6	25,5	93,741	52869	52141	0,000	7,599	9,361	1,517
Growing stock, m ³ ·ha ⁻¹	173	218	75,185	52881	52165	0,000	94,322	99,623	1,116

considered as pure stands. The analysis of variance was carried out for the following biometric indices: age, average height, average diameter and growing stock per hectare. The statistical toolbox applied included Fisher's *F*-criterion and Student's *t*-criterion. As a result of the analysis of calculated indices and the distribution patterns of the studied stands by composition and origin, we have established homogeneous groups of stands for the tree species in question. From there, 6 groups of oak stands, 2 groups of beech stands, 3 groups of hornbeam stands, and 3 groups of ash stands were allocated. In the future, in the context of the received groups, it is expedient to produce yield tables for modal stands as well as other forest mensuration reference materials and information support.

References

- Abramowitz, Milton, Stegun & Irene A. (1965). Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables. New York: Dover.
- Bala, O. P. & Terentiev, A. Yu. (2011). Comparative characteristic of stands indicators of modal oak stands of Ukraine. Scientific bulletin of NULES of Ukraine, series "Forestry and park gardening", 164(3), 11-19 (in Ukrainian).
- Bala, O. P. (2018). Foundation of the choice of the ranking factor for the creation of yield tables of modal hardwood tree species stands. The sustainable management of the forest complex and the balanced development of the urban landscapes, 14-15. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environment Science of Ukraine (in Ukrainian).
- Bala, O. P., Terentiev, A. Yu., & Vasylyshyn, R. D. (2011). Comparative characteristic of stands indicators of modal beech stands in Carpathian region of Ukraine. Scientific reports of NULES of Ukraine, 6(28), http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_6/11bop.pdf (in Ukrainian).
- DSTU 3404-96 (1997). "Forestry. Terms and definitions" Effective from 01.07.1997. Kyiv: Ukraine (in Ukrainian).
- Lakyda P. I. & Bala O. P. (2012). Actualization of growth parameters of artificial oak stands of Forest-Steppe of Ukraine's. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Havryshenko V. M. (in Ukrainian).
- Lakyda, P. I., Terentiev, A. Yu., & Vasylyshyn, R. D. (2012). Scots pine stands of artificial origin in Ukrainian Polissya – growth and productivity forecast. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Maydachenko I.S. (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I. & Aleksiuk, I. L. (2017). Natural pine forest stands of Ukrainian Polissya: growth and productivity forecast. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Maydachenko I.S. (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I. & Atamanchuk, R. V. (2014). Forecast and productivity of modal birch stands in Ukrainian Polissya. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Havryshenko V. M. (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I. & Volodymyrenko, V. M. (2008). Artificial spruce stands of the Ukrainian Carpathians - growth and productivity forecast. Kyiv : ESC IAE (in Ukrainian).
- Nikitin, K. E. & Shvidenko, A. Z. (1978). Methods and techniques for processing forest information. Moscow : Forestry industry (in Russian).
- Shmoilova, R.A., Mynashkyn, V.H., Sadovnikova, N.A. & Shuvalova, E.B. (2005). Theory of statistics. Moscow : Finance and statistics (in Russian).
- State Forest Resources Agency of Ukraine (2014). Project "Instruction for the inventory of the forest fund of Ukraine". Retrieved from http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=119314.
- Student. (1908). The probable error of a mean. Biometrika, № 6 (1), 1-25.
- Vasylyshyn, R. D. (2016). Forests of Ukrainian Carpathians - features of growth, biological and energy productivity. Kyiv: TOV "KOM-PRINT" (in Ukrainian).

О. П. Бала, А. Ю. Терентьев, І. П. Лакида (2019). Теоретичні передумови моделювання ходу росту модальних деревостанів твердолистяних деревних видів. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2): 4-13. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.004>.

Розробка нормативів для оцінки динаміки таксаційних показників модальних деревостанів є однією з важливих складових досліджень продуктивності лісів. Одним із найважливіших етапів у процесі розробки нормативів прогнозу росту для модальних деревостанів є аналіз, оцінка та моделювання динамічних процесів росту, які в них відбуваються. На основі повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» проведено статистичне обґрунтування виділення чистих та мішаних деревостанів для твердолистяних деревних видів за допомогою кластерного аналізу та графічного порівняння дендрограм кластерних об'єктів за основними таксаційними показниками (середня висота, середній діаметр, запас на 1 га). З отриманих результатів було встановлено, що за переважною більшістю показників насадження з участю 9 одиниць у складі відносяться до одного кластера з деревостанами з участю від 3 до 8 одиниць, що дало можливість стверджувати про виділення деревостанів з участю 10 одиниць у складі в якості чистих. Наступним етапом була перевірка нульової гіпотези значущості різниці між середніми величинами основних таксаційних показників в розрізі груп деревостанів повидільної бази з поділом на чисті та мішані за складом, штучного та природнього, а також насіннєвого та вегетативного походження з використанням t-критерію Ст'юдента та F-критерію Фішера. В результаті аналізу розрахованих показників та переважання зростання досліджуваних деревних видів за складом та походженням було виділено 6 груп деревостанів для дубових, 2 – для букових, 3 – для грабових та 3 – для ясеневих насаджень. В подальшому складання таблиць ходу росту для модальних деревостанів твердолистяних деревних видів буде здійснюватися в розрізі отриманих груп деревостанів та динамічних класів бонітету.

Ключові слова: склад деревостану, походження насадження, кластерний аналіз, біометричні показники, критерій Ст'юдента, критерій Фішера.

Отримано : 01.03.2019 р.

БАКТЕРІОЗИ ЛІСОВИХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У ЛІСАХ ПОЛІССЯ ТА ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

А. Ф. Гойчук, доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри лісівництва,

В. Ф. Дрозда, доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач відділу проблем біорізноманіття, синергетики і сталого
розвитку,

І. М. Кульбанська, кандидат біологічних наук,
старший викладач кафедри лісівництва,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

М. В. Швець, кандидат біологічних наук,
старший викладач кафедри екології лісу та безпеки життєдіяльності,
Житомирський національний агроекологічний університет
E-mail: hoychuk@nubip.edu.ua

Акцентовано увагу на тому, що саме фітопатогенні бактерії, зокрема складники аутомікробіоти, є надзвичайно шкочочинними і беруть безпосередню участь у епіфітотійному відмиранні лісів. Для дослідження бактеріальних хвороб *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula* використано рекогносцирувальні та детальні методи лісопатологічних обстежень і фітопатологічних досліджень, а також загальноприйняті в експериментальній мікробіології методи, зокрема відбір уражених органів і тканин; ізоляцію міко- і мікроорганізмів у чисту культуру; перевірку патогенних властивостей виділених ізолятів та їх ідентифікацію тощо.

Наведено результати багаторічних експериментальних досліджень бактеріальної патології лісових деревних рослин в Україні. Із сосни звичайної ізолювано *Pseudomonas syringae*, *Pectobacterium carotovorum*, *Enterobacter nimipressuralis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Paenibacillus polymyxa*, *Pantoea agglomerans*, *Bacillus subtilis*, *B. pumilus* та різні систематичні та функціональні групи мікоміцетів. Досліджено взаємодію складників міко- і мікроорганізмів у системі «бактерія – бактерія», «бактерія – мікоміцет» і препаратів на базі *Bacillus subtilis* у лабораторних і природних умовах. Встановлено, що збудником бактеріальної водянки берези повислої в Україні є полібіотроф *E. nimipressuralis*, патогенність якого доведено в експерименті, та асоційовані з нею *Xanthomonas campestris*, *P. agglomerans*, *B. subtilis* і мікоміцети з відділів *Zygomycota*, *Ascomycota*, *Deuteromycota*. Із туберкульозу ясени виділені й ідентифіковані *P. syringae* pv. *savastanoi*, *P. fluorescens*, *P. syringae*, *Pseudomonas* sp., *Erwinia herbicola*, *E. horticola*, *Xanthomonas* sp. Встановлено епізодичне всихання дуба звичайного, з патології якого виділено збудники бактеріозів вегетативних і генеративних органів, зокрема *P. carotovorum*, *E. nimipressuralis*, *E. quercina*, *E.*

rhapontici, *P. fluorescens* і *Pseudomonas* sp. Наголошено на необхідності поглиблення досліджень аутомікробіоти, зокрема патогенних її складників у контексті розуміння як загальнобіологічних проблем патології, так і з метою напрацювання лісозахисних заходів, зокрема біологічних.

Ключові слова. бактеріальні хвороби, фітопатогенні бактерії, етіологія, симптоматика, патогенез, антагонізм, системна взаємодія, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*.

Актуальність. Міко- і мікроорганізми є невід'ємними складниками лісового біоценозу, які визначають його глибину, беруть безпосередню участь на всіх етапах росту і розвитку деревних рослин і біодеструкції мортмаси і детриту. Серед систематичних і функціональних груп міко- і мікробіоти особливе місце посідають фітопатогени, зокрема фітопатогенні бактерії (ФБ), які спричиняють епіфітотії з масовим всиханням багатьох видів лісових деревних рослин (сосна звичайна, ялина європейська, береза повисла, ясен звичайний, граб звичайний, дещо в менших обсягах – дуб звичайний, ялиця біла тощо) та завдають значних екологічних, економічних, соціальних збитків як в Україні, так і за її межами.

У сучасній науковій і навчальній фітопатологічній літературі хвороби лісових деревних рослин і насаджень за їхньою участю пов'язують переважно із зовнішньою інфекцією. Експериментальні дослідження останніх років епіфітної і особливо ендоефітної аутоміко- і мікробіоти (міко- і мікробіоти здорових рослин та їхніх органів), зокрема фітопатогенних її складників, вказують на потенційний потужний ендегенний вектор у виникненні патологій, часто епіфітотійних, пов'язаних саме з так званими вітальними облігатами (Gvozdyak, 2005; Gvozdyak et al., 2011). Пока-

зано, що патогенів, зокрема ФБ, у тканинах здорових рослин «...на 6–8 порядків менше і завжди менше порогової концентрації, необхідної для початку інфекційного процесу. Але для бактерій взагалі важлива не стільки кількість, скільки наявність: за сприятливих умов (зокрема, порушення метаболічних процесів у рослин, які лежать в основі будь-якого патологічного процесу. – Прим. авт.), вони можуть швидко колонізувати екологічну нішу до можливої для них концентрації – 10^{10} КУО $\times$ г $^{-1}$ » (Gvozdyak, 2005). Наочно ми можемо спостерігати подібну патологію, спричинену ендоефітами аутоміко- і мікробіоти, за масового відмирання лісових деревних рослин.

В умовах посилення дії несприятливих як абіотичних, зокрема синоптичних, так і біотичних, у тому числі паразитарних, чинників на лісовий біоценоз надзвичайно важливим є своєчасна оцінка (діагностика, моніторинг) стану лісів. Саме цим аспектам і присвячено наші дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині бактеріозиди та їхні збудники значною мірою вивчені для рослин агроценозу. Що ж до бактеріозидів лісових деревних рослин, то вони досліджені недостатньо, хоча в останні десятиріччя спостерігається підвищена увага до цієї проблеми (Cherpakov, 2012; Sheluho & Sidorov, 2008; Kulbanska, 2015; Gvozdyak

et al., 2011; Shvets, 2016). Акцентовано увагу, що на лісових деревних рослинах у світі описано кілька десятків бактеріозів із різним ступенем шкодочинності, які спричиняють бактерії з родів *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Agrobacterium*, *Brenneria*, *Xylella*, *Rhizobium*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Clostridium* тощо (Cherpakov, 2012). Бактеріози рівною мірою уражують лісові деревні рослини у природних деревостанах, лісових культурах, полезахисних смугах, міських, паркових і лісопаркових насадженнях тощо. Відомо, що нині ті чи інші бактеріози наявні майже на всіх лісових деревних рослинах.

Мета дослідження: дослідити етіологію, симптоматику і патогенез бактеріозів лісових деревних рослин та їхніх збудників у насадженнях Полісся та Лісостепу України у поєднанні зі шкодочинними комахами як вектором у поширенні інфекційних агентів, зокрема фітопатогенних бактерій.

Матеріали і методи досліджень. Загальна схема досліджень бактеріальних хвороб лісових деревних рослин, зокрема *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula* тощо, передбачала такі етапи: рекогносцирувальні та детальні лісопатологічні обстеження за загальноприйнятими лісівничо-таксаційними та фітопатологічними методами; відбір уражених органів і тканин; ізоляція міко- і мікроорганізмів у чисту культуру; перевірка патогенних властивостей виділених ізолятів та їх ідентифікація; дослідження антагоністичних взаємовідносин у системі «бактерія – бактерія», «бактерія – гриб» як можливих чинників індукції демутаційних процесів у лісовий біоценоз. Окрім того, досліджували вплив метеорологічних (синоптичних) чинників як каталізаторів пато-

логії та шкодочинну ентомофауну у контексті трофічних зв'язків між комахами і фітопатогенними мікроорганізмами та як вектора в поширенні бактеріозів.

Проведено рекогносцирувальні й детальні лісопатологічні обстеження насаджень за участю згаданих лісових деревних рослин із закладанням 80 пробних площ у державних підприємствах. Зрубано 46 модельних дерев. Відібрано 800 зразків для міко- та мікробіологічних досліджень; виділено 370 ізолятів грибів і бактерій; проведено вивчення анатомо-морфологічних і фізіолого-біохімічних характеристик 295 штамів бактерій, з'ясовано вплив *Bacillus sp.* і біопрепаратів на їхній основі на бактерії та гриби; досліджено антагоністичні властивості бактерій і грибів; виявлено 30 видів комах шкодочинної ентомофауни.

Кількість мікроорганізмів, залежно від функціональних та інших ознак, тестували за їхнім ростом на спеціальних живильних середовищах (КА, МПА, МПБ, солодовий екстракт агару, Чапека тощо). Патогенні властивості ізолятів виявляли шляхом штучного зараження вегетативних і генеративних органів дослідних та індикаторних рослин (*Phaseolus vulgaris* L., *Nicotiana tabacum* L., *Kalanchoe laciniata* L.) бактеріальною суспензією титром 10^8 – 10^9 кл./мл⁻¹ (за стандартом каламутності) *in vitro* і *in vivo*. Контроль – стерильна водогінна вода. Анатомо-морфологічні та фізіологічно-біохімічні властивості ізолятів вивчали за методиками К. І. Бельтюкової та співавторів (Beltiukova et al., 1968) і Klement et al. (1990).

Взаємовідносини між мікроорганізмами досліджували методом відтермінованого антагонізму. Тест-культурами були стандартний набір штамів

бактерій із колекції відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, зокрема *Pseudomonas syringae* 8511, *Pseudomonas savastanoi* 9174, *Pseudomonas fluorescens* 8573, *Erwinia carotovora* 8982, *Xantomonas campestris* 8003 б, а також ізольовані нами з вегетативних та генеративних органів **деревних рослин**.

Назви видів бактеріальних і грибних ізолятів наведено за визначниками (Bergey's manual, 1974) та іншою спеціальною літературою (Bylai, 1982).

Результати дослідження та їх обговорення. Масове всихання лісів як у світі, так і в Україні відоме ще з XIX ст. та з певною періодичністю відбувається дотепер. Епіфітотійне всихання лісових деревних рослин пов'язують із так званою поліфакторальною теорією (Losytskyi, 1975), сутність якої полягає у тому, що причинами періодичних депресивних явищ у лісах є різкі відхилення від багаторічних середніх показників кліматичних чинників (літні та зимові посухи, екстремальні температури тощо) або порушення гідрологічних умов (зниження рівня ґрунтових вод, зміни водного режиму річок). Різкі зміни умов довколишнього середовища порушують нормальний прояв життєвих функцій в основній компоненті лісового біоценозу – деревостану. У поєднанні з певними недоліками ведення лісового господарства, у тому числі лісозахисних заходів, це створює сприятливі умови для збудників хвороб і шкочинних комах, які підсилюють негативну дію кліматичних, гідрологічних і господарських чинників. За такого підходу до розуміння патології лісу гетеротрофним організмів, і в першу чергу міко- і мікроорганізмів, відводить-

ся другорядна (хоча і досить агресивна) роль. Звичайно, каталізуючі чинники (зокрема несприятливі кліматичні (синоптичні), гідрологічні, господарські тощо) є невід'ємними складниками патології лісу, які можуть не лише суттєво послаблювати деревостани, а й спричинювати їхнє відмирання. Проте за масового всихання лісів необхідно чітко розмежовувати етіологію і патогенез цього явища. Не варто змішувати чинники, що спричинюють депресію деревостанів, і причини, що призводять до їхнього відмирання.

Серйозне занепокоєння викликає епіфітотійне відмирання хвойних деревних рослин у межах їхнього ареалу, зокрема сосни звичайної (рис. 1), яке завдає значної екологічної та економічної шкоди.

Перші осередки всихання соснових лісів було зафіксовано в Україні у 2011 р. в Житомирській області. Нині осередки масового всихання сосни звичайної лише в лісах, підпорядкованих Держлісагентству, становлять понад 400 тис. га і охоплюють Волинську, Житомирську, Київську, Львівську, Рівненську, Хмельницьку, Черкаську, Чернігівську області та продовжують поширюватись (Desiccation of coniferous forests – the problem has become threatening scales, 2018).

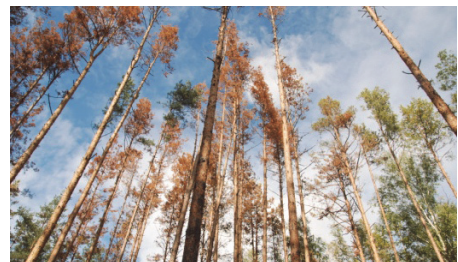


Рис. 1. Осередок всихання чистих соснових пристигаючих насаджень у ДП «Малинське ЛГ»

Синоптичні показники регіону досліджень (Weather archive)

Рік	Середньорічна температура / за період вегетації, °С	Річна сума опадів / за період вегетації, мм	Індекс вологозабезпечення / за період вегетації
2007	7,8 / 20,8	552 / 65	3,1 / 2,1
2008	7,1 / 19,3	568 / 77	3,4 / 2,6
2009	7,4 / 20,1	550 / 79	3,2 / 2,6
2010	6,8 / 18,9	625 / 92	3,7 / 3,2
2011	7,1 / 19,0	587 / 73	3,4 / 2,5
2012	7,0 / 21,1	560 / 59	3,3 / 1,9
2013	7,6 / 19,4	562 / 51	3,2 / 1,7
2014	8,3 / 20,5	510 / 46	2,8 / 1,5
2015	8,9 / 21,2	491 / 44	2,6 / 1,4
2016	8,7 / 20,9	524 / 38	2,8 / 1,2

На сосні звичайній виявлені такі бактеріальні хвороби, як раково-виразкове захворювання (збудник – *Pseudomonas syringae*), бактеріальний опік (збудник – *Erwinia amylovora*), бактеріальна водянка (збудник – *Erwinia nimipressuralis*), бактеріальні виразки (збудник – *Erwinia quercina* pv. *rubrifaciens*), бактеріальний кореневий рак (збудник – *Agrobacterium tumefaciens*), пухлиновидний бактеріоз (збудник – *Agrobacterium tumefaciens*), чорний бактеріоз (збудник – *Pseudomonas fluorescens*) і судинний бактеріоз сіянців (збудник – *Raistonia solanacearum*) (Gvozdyak et al., 2011).

Ми ізолювали з різних органів зовнішньої здорової сосни звичайної, зокрема з насіння, дійсні ФБ-ендофіти (*P. syringae*, *P. carotovorum*, *E. nimipressuralis*), які у разі штучного зараження спричинювали захворювання *Pinus sylvestris*, та умовні фітопатогенні (*P. fluorescens*, *P. polymyxa*, *P. agglomerans*) і сапротрофні (*Bacillus subtilis*, *B. pumilus*) бактерії, а також різні систематичні та функціональні групи мікоміцетів, у тому числі анаморфи роду *Ceratocystis* sp. (відомі як збудники синизни) як складники глибокої патології цієї цінної лісової деревної рослини.

Каталізуючим чинником епіфітотійного відмирання лісових деревних рослин в Україні (є підстави вважати, що і в інших країнах), зокрема сосни звичайної, є так званий гідротермічний стрес. Так, за останнє десятиліття (на прикладі Житомирського Полісся) за нормальної для цього регіону річної суми опадів у межах 491–625 мм у період вегетації в Поліському регіоні України випадало від 44 до 98 мм опадів (таблиця).

Варто зазначити, що в цьому регіоні спочатку почала всихати береза повисла (2009 р.), а потім – сосна звичайна (2011 р.), що тісно корелює з індексом вологозабезпечення, середні показники якого варіювали у межах 2,6–3,4, а за вегетаційний період з 2012 до 2016 р. – у межах 1,2–1,9. Саме в цей період відбулося стрімке збільшення осередків всихання як сосни звичайної, так і берези повислої, де лише в 2015 р. всихання цієї цінної деревної рослини набуло епіфітотійного характеру і проявилось на площі 1327 га.

Зважаючи на надзвичайну інтенсивність перебігу патологічного процесу, ми маємо підстави стверджувати, що епіфітотійне всихання сосни



Рис. 2. Верхівковий тип відмирання сосни, чіткою діагностичною ознакою якого є швидкоплинна зміна забарвлення трахеїд

звичайної, які спричиняють на сосні два найбільш шкодочинні бактеріози – бактеріальний опік (зазвичай поширюється у верхній частині кропи та призводить до швидкого її відмирання) та бактеріальна водянка (в нижній частині стовбура), пов'язане з активізацією ФБ-ендофітів під дією несприятливих синоптичних (як каталізаторів) чинників (рис. 2).

Зазвичай шкодочинні комахи масово заселяють ослаблені дерева, прискорюючи їх відмирання та виступаючи векторами поширення інфекції у таких дерев, але не є чинниками первинної патології. У будь-якому випадку наявність комах-ксилотрофів у стовбурі сосни звичайної, як і інших деревних рослин із системними порушеннями метаболічних процесів під дією різних несприятливих абіотичних і біотичних чинників, свідчить про глибоку незворотну патологію дерева, яка завжди закінчується їхнім відмиранням.

Слід зазначити, що нині парадигму глибокої патології сосни звичайної, особливо практики лісової галузі, пов'язують із так званим мікозом і комахами-ксилотрофами, зокрема з верхівковим та шестизубим короїдами. Це хибна думка. По-перше,

хвойні, зокрема сосна звичайна, не мають судин, а водопровідна система представлена трахеїдами. По-друге, ендоефітні гриби, зокрема анаморфа (типу *Graphium*, яка ізолювана із сосни звичайної (Krasnov et al., 2008)) *Ceratocystis pini* не володіє такою швидкістю безстатевого розмноження, щоб за лічені дні (тижні) вразити всю заболоневу частину сосни звичайної. Як ми вже зазначали, таку здатність мають лише бактерії, у тому числі фітопатогенні. Наразі ми не маємо достатніх експериментальних даних для підтвердження того, коли і на яких засадах відбувається перерозподіл складників аутомікробіоти на користь фітопатогенів, однак є велика ймовірність, що це пов'язано з падінням тиску у водопровідній системі, зміною концентрації висхідної течії, перерозподілом складу живиці, зокрема фенольними й терпеновими сполуками тощо, спричинено гідротермічним стресом (хронічним водним дисбалансом на тлі високих температур вегетаційного періоду). Маємо надію, що подальші дослідження цієї проблеми не лише підтвердять нашу гіпотезу (яка ґрунтується як на аналізі літератури з цієї проблематики, так і на власних дослідженнях), а й сприятимуть напрацюванню захисних заходів, які мають базуватись на регуляторних чинниках аутомікробіоти в системній єдності її складників. Ми поки що не знайшли в літературі достатнього експериментального підтвердження щодо можливості зовнішньої мікоінфекції і комах-ксилотрофів як першопричини глибокої патології сосни (власне, як і інших рослин, які ми досліджували).

В останнє десятиріччя спостерігається епіфітотійне всихання берези повислої, пов'язане з судинно-парен-



Рис. 3. Осередок всихання берези повислої у насадженнях ДП «Коростенське ЛГ», вологі субори, повнота 0,7

хіматозним бактеріозом, який має різні назви (бактеріальна водянка, бактеріальний мокрий рак, бура слизотеча, хвороба «водяних знаків», «плач» берези, «*weet wood*» (мокра деревина), «*slime flux*» (слизовий потік), «*alcoholic flux*» (алкогольний потік) тощо), але спільну етіологію і патогенез (рис. 3).

Симптоми бактеріальної водянки безпосередньо пов'язані з насиченням вологою тканин стовбура берези повислої, формуванням мокрого патологічного ядра в деревині, тріщинами та вчавленими виразками, некротичними мокрими плямами (особливо у місцях зовнішнього проникнення інфекції), рясними паттяками ексудату (рис. 4). На стовбурах уражених дерев формуються численні водяні пагони, які свідчать про глибоку патологію берези повислої. Хронічний патогенез супроводжується всиханням верхньої частини рослини, а з часом – і повним її



Рис. 4. Виділення ексудату – чітка діагностична ознака бактеріальної водянки

відмиранням. Збудником бактеріальної водянки берези повислої в Україні є полібіотроф *Enterobacter nimipressuralis*, патогенність якого ми довели в експерименті як під час весняної, так і під час осінньої інокуляції дослідних рослин.

У патології бактеріальної водянки, крім *E. nimipressuralis*, виявлено асоційовані з нею *Xanthomonas campestris*, *Pantoea agglomerans* (проявили варіабельні патогенні властивості, що вказує на можливе розширення кола живильних рослин для згаданих бактерій), *Bacillus subtilis* і мікроміцети з відділів *Zygomycota*, *Ascomycota*, *Deuteromycota*.

Масове відмирання *Fraxinus excelsior* вперше зареєстровано на початку 1990-х рр. у північно-східній Польщі й Литві (за останніми даними, нині хворобою уражено понад 30 тис. га, або 60 % усієї площі звичайноясеневих деревостанів). Потім хвороба поширилася на північ до Латвії та Естонії. Сьогодні загибель ясена відбувається у 30 європейських країнах, зокрема Німеччині, Швеції, Чеській Республіці, Словаччині, Фінляндії, Данії, Франції, Італії та ін. (Davydenko et al., 2013). Програми країн, де виявлено ознаки відмирання ясена, спрямовані на виявлення походження збудника, оцінювання його впливу на ліси, розробку методів діагностики та ведення лісового господарства в уражених лісах, зокрема в напрямі селекції ясена на стійкість до збудників хвороб.

В етіології погіршення санітарного стану *Fraxinus excelsior* переважає мікозна точка зору. Зокрема, збудником «ash dieback», яку вважають основною в патології ясена, названо анаморфний гриб *Chalara fraxinea* (Kowalski & Holdenrieder, 2009). При цьому акцентовано увагу на тому, що

C. fraxinea є анаморфою *Hymenosyphus pseudoalbidus*, який за своїми біологічними характеристиками дуже подібний до виду *Hymenoscyphus albidus* та є безпечним сапротрофом, відомим з 1887 р. Встановлено, що гриби роду *Chalara* є анаморфами аскових грибів родів *Endoconidiophora* і *Hyphomyces*. На наш погляд, інфекційний цикл розвитку *C. fraxinea* потребує подальших досліджень, оскільки збудники некрозних хвороб, подібних до *C. fraxinea* (як факультативні сапротрофи), не здатні уражувати фізіологічно здорові дерева і їхні вегетативні органи.

Із патології типу «ash dieback» ми виділили кілька видів анаморфних грибів і бактерій, зокрема *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*, *Erwinia horticola* та *Xanthomonas* sp. Бактерію *E. horticola* вперше було ізольовано з подібного за симптомами до «ash dieback» чорного бактеріозу *Fagus sylvatica* L. (Gvozdyak & Yakovleva, 1979). Штучне інфікування органів ясена мікроміцетами не призвело до виникнення симптомів, подібних до «ash dieback», а інфікування бактеріями спричиняли патологічні процеси, аналогічні туберкульозу *Fraxinus excelsior* (рис. 5).

Із туберкульозних уражень ми виділили й ідентифікували сім видів бактерій – *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas* sp., *Erwinia herbicola*, *Erwinia horticola*, *Xanthomonas* sp. Також у зразках уражених тканин знайдено спороносні бактерії, переважно роду *Bacillus*, які в подальших дослідженнях виявили певні антагоністичні властивості до *P. syringae* pv. *savastanoi* та асоційованих з нею дійсних і умовно-патогенних бактерій у туберкульозній патології *F. excelsior*.



Рис. 5. Туберкульоз ясена: природне (зліва) і штучне (справа) ураження

Зроблено спробу дослідити системні взаємовідносини між міко- та мікроорганізмами, асоційованими зі збудниками бактеріальних хвороб лісових деревних рослин у контексті як розуміння загальнобіологічних проблем, так і з погляду теоретичного обґрунтування і практичного застосування антагоністичних властивостей в обмеженні бактеріальної патології. У системі «бактерія – бактерія» *Bacillus subtilis* виявляє часткову токсичну дію до збудників бактеріозів. На відміну від бактерій, виділених із бактеріальної патології, мікроміцетам властива більша антагоністична активність щодо фітопатогенних бактерій. Щодо зворотного впливу ФБ-бактерій на мікроміцети, то у більшості випадків їхня антигрибна активність майже дорівнювала нулю. Можна припустити, що і в природі фітопатогенні бактерії поза патологічним процесом не впливають на ріст мікроміцетів. Такий висновок узгоджується із дослідженнями інших авторів в експериментах зі шпильковими лісовими деревними рослинами.

У природних умовах, де спостерігається жорстка конкуренція за поживні речовини, ці залежності можуть бути іншими, оскільки на мікроорганізми та режим їхнього живлення впливають різні чинники (деревна рослина, метеорологічні та лісорослинні умови, поживні речовини тощо). Зокрема, на КА інтенсивно ростуть бактерії, а ріст мікроміцетів при цьому пригнічений. Натомість на середовищі Чапека бактерії майже не ростуть через наявність у цих середовищах різних за придатністю для грибів і бактерій поживних речовин. Тож можна погодитись із думкою, що в природі відбуваються складні, постійно напружені, динамічні взаємовідносини не лише між мікроорганізмами та деревною рослиною, а й між складниками міко- та мікробіоти, що її колонізують.

Для підтвердження нашої думки у природних (польових) умовах було проведено штучне ураження пагонів *Fraxinus excelsior* сумішшю чистих культур колекційних (*Pseudomona*



Рис. 6. Результат ін'єкції суміші Віктант–Н1 (*P. syringae* pv. *savastanoi*) (зліва) та П27ант– Н1 (*P. syringae* pv. *savastanoi*) (справа)

savastanoi 9174) та ізолюваних нами із вегетативних і генеративних органів *F. excelsior* *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* (Н₁, 9_{кл} – ізолювані відповідно з туберкульозного ураження на сіння та з уражень типу «ash dieback»), *Pseudomonas* sp. (Кр₄) та препаратів П27ант, Віктант і *Bacillus* sp. (К_{1-4ант}) робочим розчином із титром $1 \cdot 10^7$ КУО·мл⁻¹. Контроль – ін'єкція препаратів і чистої культури *Bacillus* sp. У цьому експерименті ми отримали варіабельні результати (рис. 6).

На дубі звичайному виявлено такі бактеріальні хвороби: м'яку гниль жолудів (збудник – *Pectobacterium carotovorum*), бактеріальну водянку (збудник – *Enterobacter nimipressuralis*), краплинну хворобу жолудів (збудник – *Erwinia quercina*), суху гниль гілок і стовбурів (збудник – *Erwinia*

rhapontici), раково-виразкові захворювання (збудники – *Pseudomonas fluorescens* і *Pseudomonas* sp.) та асоційовані з ними інші систематичні та функціональні групи міко- та мікроорганізмів. Останніми роками надходять повідомлення про епізодичне всихання дуба звичайного. В минулому сторіччі в Україні було три хвилі його масового всихання, найбільш потужне – у 1970-ті рр. Нині встановлено певну активізацію збудника бактеріальної водянки. Аналіз модельних дерев свідчить про системність хвороби, збудник якої вражає водопровідну систему стовбурів і гілок різних порядків, а зовнішньо проявляється виділенням темного, майже чорного ексудату (рис. 7).

Висновки і перспективи. Проведені експериментальні дослідження у поєднанні з критичним аналізом літератури



Рис. 7. Бактеріальна водянка на дубі звичайному (природне ураження): розріз стовбура в місці виділення ексудату (зліва), через 2 м вище місця ураження (в центрі), скелетні гілки в кроні (справа)

вказують на необхідність розширення робіт зі з'ясування бактеріальної патології як згаданих, так і інших лісових деревних рослин. Зокрема, заслуговують на увагу концептуальні підходи щодо інкубаційного періоду (періоду від проникнення інфекції до прояву первинних ознак хвороби), який наразі пов'язують виключно із зовнішньою інфекцією. Дослідження останніх років, і в Україні також, експериментально підтвердили наявність у тканинах здорових дерев у міnorних кількостях грибів і бактерій як ендofітів, екологічною нішею яких є живі клітини. У здоровій рослині патогенні ендofіти, зокрема бактерії, перебувають у пригніченому стані. Їхня кількість на порядки менше, ніж ендofітних сапротрофів, і завжди менше, ніж порогова концентрація, необхідна для початку інфекційного процесу. Це не пов'язано з нестачею поживних речовин, а зумовлено іншими факторами, зокрема антагоністичною активністю до них ендofітних мікроміцетів і спороносних бактерій у системній взаємодії складників ендofітної аутоміко- і мікробіоти рослини. Патогенні ендofіти (так звані вітальні облігати) селекціонуються рослиною і за нормального її онтогенезу виконують широкий спектр біоконтролюючих, регуляторних і захисних функцій через прямий антагонізм до патогенів або індукцію системи резистентності, обмежуючи його активність. Деякі ендofіти перешкоджають проникненню в рослини патогенних видів, захищають її від нематод і шкочочинних комах. При порушенні системних взаємодій у рослині і насамперед при порушенні метаболічних процесів під впливом різних, часто не до кінця з'ясованих факторів, у тому числі абіотичних, патогенні ендofітні міко- і мікроорганізмами здатні спричиняти інфекційну патологію рослин без участі зовнішніх інфекційних агентів. Тому надзвичайно важливим є

дослідження шляхів і методів індукції демуаційних процесів у лісовий біоценоз як регуляторних чинників аутоміко- і мікробіоти.

Список літератури

- Beltiukova, K. Y., Matyshevskaia, M. S., Kulykovskaia, M. D., & Sydorenko, S. S. (1968). Methods for investigating pathogens of bacterial plant diseases. Kiev: Nauk. dumka (in Russian).
- Bergey's manual of determination of Bacteriology. 8th ed. (1974). Baltimore: Williams and Wilkins, 1268.
- Bylai, V. Y. (1982). Methods of experimental mycology: a reference book. Kiev: Nauk. dumka (in Russian).
- Cherpakov, V. V. (2012). Bacterial diseases of forest species in pathology of forest. SPb GLTU, 200, 292–303 (in Russian).
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Stenlid, J., & Menkis, A. (2013). Fungi in foliage and shoots of *Fraxinus excelsior* in eastern Ukraine: a first report on *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. For. Path., 43, 462–467.
- Desiccation of coniferous forests – the problem has become threatening scales. Retrieved from <http://khersonlis.org.ua/images/stories/buklet%20vs.pdf> (in Ukrainian).
- Gvozdyak, R. I. (2005). Perspective directions of research of phytopathogenic bacteria, Zhitomir, 3–8 (in Ukrainian).
- Gvozdyak, R. I., & Yakovleva, L. M. (1979) Bacterial diseases of forest tree species. Kiev: Nauk. dumka (in Russian).
- Gvozdyak, R. I., Goychuk, A. F., Rozenfeld, V. V. & Pasichnik, L. A. (2011). Bacterial diseases of pine (*Pinus sylvestris* L.) and its floral microflora. Zhitomir: Polissya (in Ukrainian).
- Klement, Z., Rudolf, K., & Sands, D. S. (1990). Methods in phyto bacteriology. Budapest: Academial Knido.
- Kowalski, T., & Holdenrieder, O. (2009). *Chalara fraxinea* causes dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Europe report. For. Pathol., 39, 1–7.

- Krasnov, V. P., Orlov, O. O., Buzun, V. A. et al. (2008). Applied radio ecology of the forest. Ukrainian Botanical Journal, 5, 781–786 (in Ukrainian).
- Kulbanska, I. M. (2015). Pathogenesis of tuberculosis of an ash tree in the conditions of Western Podillya of Ukraine. Forest Journal, 6, 75–84 (in Russian).
- Losytskyi, K. B. (1975). The phenomenon of depression in hardwood forests. Forestry, 3, 40–44 (in Russian).
- Sheluho, V. P., & Sidorov, V. A. (2008). Diagnosis and ways to reduce the economic importance of birch bacterial dropsy. Forestry, 4, 48–52 (in Russian).
- Shvets, M. V. (2016). Bacterial diseases of birch plantings in Ukraine and in the world (theoretical and applied aspect). Scientific Bulletin of NFWU of Ukraine, 26 (7), 179–185 (in Ukrainian).
- Weather archive (WMO ID) 33415. Retrieved from hthh/rp5.ru.

F. Goychuk, V. F. Drozda, I. M. Kulbanska, M. V. Shvets (2019). Bacterioses of forest woody plants in the forests of Polissya and Forest-Steppe of Ukraine.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2):14-25.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.014>.

Attention is focused on the fact that phytopathogenic bacteria, in particular, the components of the automicrobiota are extremely harmful and are directly involved in epiphytotic dieback of forests. For the study of bacterial diseases of *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*, we used reconnaissance and detailed methods of forest pathological examinations and phytopathological studies, as well as methods commonly used in experimental microbiology, in particular the selection of diseased organs and tissues, isolation of micro- and microorganisms into pure culture, verification of the pathogenic properties of isolated microorganisms and their identification, etc.

The results of long-term experimental studies of the bacterial pathology of forest woody plants in Ukraine are presented. From *Pinus sylvestris* we isolated *Pseudomonas syringae*, *Pectobacterium carotovorum*, *Enterobacter nimipressuralis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Paenibacillus polymyxa*, *Pantoea agglomerans*, *Bacillus subtilis*, *B. pumilus* and various systematic and functional groups of micromycetes. We have investigated the interaction of the components of mycobacteria and microorganisms of the types "bacteria-bacteria", "bacteria-fungus" and preparations based on *Bacillus subtilis* in the laboratory and in the natural environment.

It was established that the causative agent of bacterial dropsy of Silver birch in Ukraine is the polybiotroph *Enterobacter nimipressuralis*, the pathogenicity of which was proved in the experiment, and *Xanthomonas campestris*, *P. agglomerans*, *B. subtilis* associated with it, mycomycetes from Zygomycota, Ascomycota, Deuteromyta.

From tuberculosis of Common ash we isolated and identified *P. syringae* pv. *savastanoi*, *P. fluorescens*, *P. syringae*, *Pseudomonas* sp., *Erwinia herbicola*, *E. horticola*, *Xanthomonas* sp. Currently, episodic dieback of Common oak is taking place. From pathology of oak trees we isolated bacterial pathogens on vegetative and generative organs, in particular *P. carotovorum*, *E. nimipressuralis*, *E. quercina*, *E. rhapontici*, *P. fluorescens*, *Pseudomonas* sp. and other systematic and functional groups of myco- and microorganisms associated with them. It is noted that it is necessary to deepen the research on automicrobiota, in particular its pathogenic components, in the context of understanding the general biological problems of pathology, and in order to develop forest protection measures, including biological ones.

Keywords: bacterial diseases, phytopathogenic bacteria, etiology, symptoms, pathogenesis, antagonism, systemic interaction, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*.

Отримано : 23.11.2018 p.

СУКЦЕСІЙНІ ПРОЦЕСИ НА ТЕРИТОРІЯХ ЖИТОМИРСЬКОГО ОБЛАСНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІСОВОГО ТА МИСЛИВСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА, ПОРУШЕНИХ УНАСЛІДОК НЕЗАКОННОГО ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ

С. Б. Ковалевський, доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри ботаніки, дендрології та лісової селекції,
Ю. М. Марчук, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри ботаніки, дендрології та лісової селекції,
К. В. Маєвський, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри ботаніки, дендрології та лісової селекції,
О. М. Курдюк, кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри ботаніки, дендрології та лісової селекції,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: s.kovalevsky@ukr.net

Наведено результати дослідження лісових ділянок, пошкоджених через видобуток бурштину ручним і гідромеханічним способами. Метою роботи є вивчення особливостей процесів природного поновлення рослинності на порушених унаслідок видобутку бурштину територіях Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства (ОУЛМГ). Закладено тимчасові пробні площі на території ДП «Білокоровицьке ЛГ» і ДП «Олевське ЛГ». За результатами досліджень проведено аналіз стадій деградації територій, встановлено закономірності у процесах природного поновлення деревної рослинності в місцях порушення верхніх шарів ґрунту і рослинного покриву. На всій території Житомирського ОУЛМГ, де проводили видобуток, тією чи іншою мірою сформувались нові техногенні форми рельєфу, не властиві природному ландшафту. Для всіх порушених територій характерна мінералізована поверхня, це локальні новоутворення площею кілька десятків гектарів із різною конфігурацією меж, із повністю зруйнованими ґрунтами і сильно розчленованим мікрорельєфом, що складається з чергування валів і горбів з кратерами, канавами та ямами.

Упродовж досліджень, на основі аналізу сукцесійних процесів на порушених у різні роки лісових землях встановлено особливості гідрологічного режиму досліджуваних територій і шляхи його поліпшення. Визначено видовий склад самосіву трав'яних і деревних рослин на різних категоріях порушених ділянок; видовий склад природного поновлення деревних рослин та динаміку зміни його чисельності на пробних площах у різних лісорослинних умовах. Встановлено особливості взаємовпливу біологічних компонентів у процесі сукцесії на специфічно порушених лісових територіях.

Перспектива подальших досліджень полягає у встановленні особливостей і шляхів стимулюванні природного поновлення деревної рослинності на деградованих унаслідок незаконного видобутку бурштину територіях, дослідженні впливу абіотичних екологічних факторів на процеси поновлення рослинного покриву.

Ключові слова: бурштин, дендрорекультивація, Житомирське ОУЛМГ, незаконний видобуток, порушення, рекультивація, пошкодження, самосів, сукцесія, природне поновлення.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Видобуток бурштину, незалежно від методу, супроводжується руйнуванням поверхневих геологічних відкладів, ґрунтів, вирубкою лісо-стану та знищенням рослинного покриву. Внаслідок вилучення ґрунтів із ям, кратерів і траншей, відсипання та намиву підвищень формується більш контрастний рельєф. На всій території Житомирського ОУЛМГ, де проводили видобуток, тією чи іншою мірою сформувались нові техногенні форми рельєфу, не властиві природному ландшафту. Для всіх порушених територій властива мінералізована поверхня, це локальні новоутворення площею кілька десятків гектарів із різною конфігурацією меж, із повністю зруйнованими ґрунтами і сильно розчленованим мікрорельєфом, що складається з чергування валів і горбів із кратерами, канавами та ямами. Така будова характеризується переважно високим дренаванням, теплоємністю і аерацією фізичної структури пухкого субстрату, складеного зі зруйнованих ґрунтоутворювальних порід і ґрунтів, змішаних із лісовою підстилкою, торфом і порубковими залишками, що теоретично може бути сприятливою для зародження і розвитку нових насаджень, які можна буде назвати техногенними.

Своєю чергою відновлення лісу на основі або з використанням природного поновлення може суттєво

знизити витрати на створення лісових культур і дасть змогу сформувати більш різноманітні й стійкі до негативних природних і антропогенних впливів насаджень. Успішність природного відновлення на порушених лісових ділянках залежить від ступеня пошкодження, типу умов місцезростання, площі ділянки, давності пошкодження та періоду року.

Питання відновлення лісових земель, порушених унаслідок несанкціонованого видобутку бурштину на території Українського Полісся, зокрема Житомирської області, є новим і маловивченим. Це пов'язано насамперед зі специфічним характером пошкоджень. Екологічні наслідки для навколишнього середовища, спричинені несанкціонованим видобутком бурштину, висвітлено у роботах Nadtochii (2015), Nadtochii & Myslyva (2015), однак питання природного відновлення рослинності в них не розглянуто. У класичних працях, присвячених агролісомеліорації та рекультивації (Pylypenko et al., 2010, Kucheraviyi et al., 2006, Nadtochii et al., 2007, Dorenko, 1979), не визначено підходи до відновлення лісових земель Українського Полісся після специфічних порушень, зумовлених видобутком бурштину так званим методом «помпування». Підходи до вивчення сукцесійних процесів на порушених лісових територіях, які ми використали, висвітлені в роботах

Gorgienko & Gordienko (1988), Gysev (2001), Romashov (1972), Homjk (2012).

Вивчення сукцесійних процесів, що відбуваються на порушених унаслідок незаконного видобутку бурштину землях, є головною компонентою комплексу досліджень, кінцевою метою яких є розробка ефективних методик відновлення таких територій шляхом дендрорекультиватії.

Мета дослідження: вивчення особливостей сукцесійних процесів та зміни показників кислотності на територіях Житомирського ОУЛМГ, що були вкриті деревною рослинністю та зазнали негативного впливу внаслідок незаконного видобутку бурштину.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2017–2018 рр. на території земель лісового фонду Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства.

У 2018 р. у Житомирського ОУЛМГ нові тимчасові пробні площі було закладено на території Поясківського лісівництва ДП «Білокоровицьке ЛГ» (11 ділянок) та Юрівського лісівництва ДП «Олевське ЛГ» (три ділянки). Тимчасові пробні площі закладали у місцях різного ступеня та характеру пошкодження в різних типах лісу та лісорослинних умов, видобуток бурштину на цих ділянках зупинено 1–2 роки тому.

Вихідними матеріалами для роботи є матеріали польових досліджень, таксаційні описи насаджень, супутникові та аерофотознімки, дані спеціалізованої літератури.

Дослідження проводили методом закладання пробних площ, відповідно до загальноприйнятих у лісовому господарстві методичних рекомендацій (Gordienko et al., 2000). Технологія створених лісових культур,

проведення господарських заходів на порушених ділянках відновлені за архівними даними і матеріалами лісовпорядкування, а також уточнювались під час обстеження в натурі.

Проби закладено в основних типах лісорослинних умов і типах лісу, що переважають на порушених територіях (A_5C , A_5CO , $C_2ГДС$, $C_3ГДС$, $C_3ГД$, $C_4ВДЧ$, $B_2ДС$, $B_2ДСО$, $B_3ДС$). Пробні площі закладали у характерних для ділянок місцях, прямокутної форми. Від полів, галявин, водоймищ і меж інших угідь пробні площі розташовували не ближче ніж на 2–3 висоти дерев. Пробну площу прив'язували до квартальної мережі. У натурі пробні площі обмежували візирами, а на кутах викопували шурфи ($30 \times 30 \times 30$ см) і поряд на віддалі 30–35 см залишали землю.

Вік окремих деревних рослин встановлювали за даними таксаційних описів, а за браком таких даних – візуально, зважаючи на загальний стан рослин, таксаційні показники, умови місцезростання. Вимірювання основних таксаційних показників дерев проводили за загальноприйнятою методикою. Тип лісорослинних умов визначали за лісотипологічною класифікацією Алексєєва–Погребняка з урахуванням індикаторів типів лісу, ґрунту і рельєфу.

Для визначення фізико-хімічних властивостей ґрунту закладали шурфи глибиною 1,2–1,5 м до материнської породи і відбирали зразки для аналізу. Лабораторні аналізи проводили у трикратній повторності, що забезпечило допустиме відхилення від середньоарифметичних величин. Вміст гумусу визначали за методикою Тюріна, азоту – калориметричним методом, фосфору і обмінного калію – за Кірсановою, рН водневої

втяжки – потенціометром, гідролітичну кислотність і суму увібраних основ – за Каппеном–Гільковицем. Хімічний аналіз ґрунтів проводили у навчально-науково-виробничій лабораторії родючості й охорони ґрунтів кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикuli Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Результати дослідження та їх обговорення. Незаконний видобуток бурштину здійснюється ручним і гідромеханічним способом (помповим методом, помпуванням). Останній на цей час переважає і має більш катастрофічні для екології наслідки.

Ручний або сухий спосіб полягає у копанні лопатами ям-копанок до рівня бурштиноносного шару. При цьому максимальна глибина таких копанок, які ми виявили у межах Житомир-

ського ОУЛІМГ, становила близько 3 м, площа – до 3,5 м². За цього способу видобутку знищується родючий шар ґрунту, перемішані нижні горизонти виявляються на поверхні й утворюють підвищення навколо ями (рис. 1).

Гідромеханічний спосіб видобутку полягає в розмиванні водою під великим тиском ґрунту до 6–10 метрів у глибину. Оскільки бурштин легший за воду, він спливає на поверхню, і його виловлюють сітками. На підвищених ділянках до певної глибини яму копають вручну, а потім застосовують мотопомпи. Коли вимив доходить до глини, яка залягає під покладами бурштину, розробку залишають. Видобуток таким способом повністю знищує родючий шар ґрунту, оскільки під час розмивання гумусовий шар перемішується з основною масою підстелених піщаних і супіщаних порід.



Рис. 1. Ділянка, на якій відбувався масовий видобуток бурштину ручним методом (кв. 60, Юрівське лісництво, ДП «Олевське ЛГ», травень 2018)



Рис. 2. Ділянка, на якій відбувався масовий видобуток бурштину гідромеханічним методом (кв. 20, Поясківське лісництво, ДП «Білокоровицьке ЛГ», травень 2018)

Відновлення родючого шару займає десятки років. Струмінь води під великим тиском розмиває ґрунт, повністю руйнуючи ґрунтовий покрив у місці ймовірного залягання корисних копалин, внаслідок чого утворюється яма-кратер. Під час видобутку помповим методом змінюється водний режим території та повністю руйнується коренева система дерев, що призводить до знищення десятків і сотень гектарів лісу (рис. 2).

Характерним наслідком видобутку бурштину гідромеханічним методом також є закислення субстрату, при цьому максимальна кислотність, за нашими дослідженнями, мала показник рН 2.5. Така ситуація зумовлена тим, що воду для гідромеханічного наміву беруть із боліт, і тому вона має високу кислотність. Унаслідок

промивання ґрунту такою водою відбувається зміна його рН у бік більш кислого (табл. 1.) На територіях, де субстрат мав кислотність вище ніж 3,5, майже не було самосіву рослин.

Вивчення видового різноманіття рослин, які зростають на територіях, порушених унаслідок видобутку бурштину, дає можливість розробки ефективних механізмів стимулювання природного поновлення та розробки правильного асортименту рослин для подальшої дендрорекультиваци. Аналіз рослинності було проведено на 14 ТПП. Для зручності види було розподілено на деревні й трав'янисті, серед деревних виділено лісотвірні як найцінніші з погляду поновлення. Цілком логічно, що переважна більшість виявлених у процесі досліджень видів – це залишки природної рослинності,

1. Кислотність ґрунтів на тимчасових пробних площах

№ ТПП	№ кварталу та виділу	рН ґрунту на ТПП	
		min	max
ДП «Білокоровицьке ЛГ», Поясківське лісництво			
1	кв. 21, вид. 5	3,5±0,1	5,0±0,1
2	кв. 21, вид. 7	3,5±0,1	5,5±0,1
3	кв. 21, вид. 10	5,6±0,1	6,5±0,1
4	кв. 21, вид. 18	3,5±0,1	5,5±0,1
5	кв. 20, вид. 17	3,0±0,1	4,0±0,1
6	кв. 20, вид. 20	4,0±0,1	7,1±0,1
7	кв. 20, вид. 32	4,0±0,1	7,1±0,1
8	кв. 22, вид. 26	4,0±0,1	5,1±0,1
9	кв. 22, вид. 28	6,0±0,1	6,5±0,1
10	кв. 20, вид. 32	4,5±0,1	7,0±0,1
11	кв. 22, вид. 27	5,6±0,1	6,5±0,1
ДП «Олевське ЛГ», Юрівське лісництво			
12	кв. 65, вид. 14	3,0±0,1	6,5±0,1
13	кв. 60, вид. 25	3,0±0,1	6,0±0,1
14	кв. 60, вид. 37	3,0±0,1	6,5±0,1

типової для тих типів лісу та лісорослинних умов, що існували на ділянках до їх пошкодження. Значна частина наявних деревних рослин являє собою вегетативне поновлення вирубаних або засипаних під час видобутку екземплярів. Дрібні рослини та навіть їх цілі угруповання збереглися біля пенків знищених дерев. Серед деревних видів найбільш представлені *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth., *Populus tremula* L., *Quercus robur* L., *Frangula alnus* Mill. Залежно від ґрунтових умов і розташування тимчасових проб чисельність рослин на них різна. Зокрема, є ділянки, де є від двох до 21 виду деревних рослин. Трав'яністі рослини, як і деревні, також по-різному представлені на дослідних ділянках, їхня кількість становить від одного до 28 видів.

Рослинність на пошкоджених через видобуток бурштину лісових ділянках виникає у певних лісорос-

линних умовах на місці лісового фітоценозу. Вихідні умови і лісова рослинність визначають склад і структуру рослинного покриву порушених ділянок лісу. Однак визначальне значення має ступінь пошкодження, технологія видобутку бурштину та пора року, коли цей видобуток відбувався. Важливими параметрами стають ступінь збереження деревостану і підросту, а також проведення висадок лісотвірних видів (рис. 3).

На досліджуваних ділянках тією чи іншою мірою відбулось порушення деревостану та намету насаджень. На багатьох ділянках насадження вирубали старателі, тож можна провести аналогію між цими ділянками й територіями, де проводили суцільні лісосічні рубки. Внаслідок знищення деревостану відбуваються різкі зміни екологічних умов існування рослинності, що збереглась та формується, зокрема:



Рис. 3. Основні фактори, які визначають формування рослинності на порушених унаслідок видобутку бурштину лісових ділянках

1) збільшується освітленість і змінюється радіаційний баланс;

2) змінюються добові та сезонні температурні режими повітря і ґрунту; зростає амплітуда коливань кліматичних показників упродовж дня, доби і пори року; зростає небезпека заморозків;

3) змінюється гідрологічний режим за рахунок зниження сумарного випаровування, зменшується транспірація і випаровування затриманих опадів; збільшується вологість ґрунту і підвищується рівень ґрунтових вод. Збільшення поверхневого стоку призводить до ґрунтової ерозії;

4) змінюються основні фізичні й хімічні властивості ґрунтів. Відбувається значне ущільнення ґрунту, зниження пористості, зменшення аерації і водопроникності, прискорюється розкладання і мінералізація підстилки;

5) посилюється кругообіг азоту в перші 5 років після вирубки дере-

востану за рахунок зростання вмісту доступного для рослин азоту і активізації процесу азотфіксації у ґрунтах;

6) зростає мікробіологічна активність ґрунтів і підстилки через збільшення частки аеробного бактеріальної флори, при цьому пригнічуються мікоризні й інші гриби лісової підстилки;

7) відбувається зміна біоценозів з утворенням трав'яних угруповань із новим комплексом мікрофлори ґрунту і зооценозу відкритих територій. Утворення нових фітоценозів детерміновано, з одного боку, збереженням лісової рослинності, з іншого – умовами нових екоотопів;

8) формується техногенний мікрорельєф на місці фітогенного лісового.

Через пошкодження рослинного та ґрунтового покриву в процесі видобутку бурштину відокремлюється низка екоотопів:

1) непорушені й малопорушені – уздовж стін лісу, близько пнів і куртин дерев, на підвищеннях рельєфу, не затоплених пульпою;

2) середньопорушені – при прощтовхуванні зрубаних дерев і проході техніки та людей; унаслідок знищуються підріст, чагарники, трави, моховий покрив, лісова підстилка і навіть верхні грантові горизонти. Відбувається перемішування підстилки, порубкових залишків із верхніми шарами ґрунту, затоплення тонким шаром пульпи;

3) сильнопорушені – повне знищення і перемішування рослинності та підстилки з верхніми шарами ґрунту, при цьому може оголюватися підзолистий горизонт, підстилена порода, засипання поверхні ґрунту нижніми шарами ґрунтових горизонтів за видобутку ручним методом і затоплення значним шаром пульпи у разі видобутку бурштину гідромеханічним методом;

4) лунки кратерів після видобутку гідромеханічним методом, ями після ручного копання, вали з ґрунту нижніх горизонтів, суцільні поля пульпи товстого шару, штучні канали, дороги. Часто під час видобутку гідромеханічним методом через використання води з боліт відбувається закислення субстрату до показників РН 3,5–3,0 і навіть нижче. Така надзвичайно висока кислотність ґрунту перешкоджає появі рослинності на ділянках.

Ґрунтовий покрив порушених ділянок є комплексом контрастних ґрунтових комбінацій техногенного походження. Умови екотопів відрізняються становищем у мезо- і мікрорельєфі, ґрунтами, мікрокліматичними і гідротермічними умовами. Нові рослинні угруповання таких територій являють собою комплекс фітоценозів, різних за

площею і конфігурацією. У результаті у межах одного вихідного лісового фітоценозу, що зазнав пошкодження, формується комплекс фітоценозів, прив'язаних до певних екотопів. Фітоценози істотно відрізняються перебігом подальших сукцесійних процесів, що зумовлюватиме в подальшому структуру майбутнього деревостану, якщо такий буде здатний сформуватись.

Флористичний склад вважають найважливішою ознакою рослинних спільнот. У разі глобальних антропогенних порушень зміни, що відбуваються у флористичному складі співтовариств, мають, з одного боку, закономірний, а з іншого – випадковий характер. Екологічний діапазон середовищ існування, який визначається сприятливістю умов для проростання рослин у фітоценозах, розглядають як визначальний фактор видового різноманіття.

Флористичне багатство нових фітоценозів після знищення деревостану часто виявляється значно вищим, ніж вихідні лісові. Екотопічний відбір нових видів рослин, що з'являються з насіння, спор і вегетативних органів, відбувається досить швидко і призводить до формування зімкнутих піонерних фітоценозів. Однак у кожному конкретному фітоценозі видовий склад може помітно відрізнитися. Наприклад, відомо, що флористичне багатство вирубок залежить від відстані до сільгоспугідь і селищ. Для переважної більшості ділянок, що були порушені внаслідок видобутку бурштину, характерною є вирубка деревостану, тому в контексті роботи ми звернулися до значного досвіду, накопиченого лісівниками, щодо перебігу сукцесійних процесів на суцільних вирубках в аналогічних природних зонах. Здійснивши узагальнення літера-

турних джерел, у роботі запропоновано використовувати класифікацію змін видового складу рослинності, яка передбачає п'ять етапів.

Перший етап (1–2 роки після рубки) пов'язаний зі знищенням лісового фітоценозу й утворенням «відкритих» фітоценозів, в яких переважає екотопічний відбір. Висока різноманітність екотопів, що утворюються у процесі вирубок, дає змогу прижитися значній кількості видів, не характерних для вихідних спільнот. Це сприяє різкому збільшенню флористичної ємності спільнот.

Другий етап (3–6 років після рубки): нове трав'яне співтовариство стає закритим, починає переважати фітоценотичний відбір за збереження екотопічного відбору, який визначає комплексність рослинності вирубок. У цей період відбувається диференціація видів на доміанти і супідрядні види. При цьому частина рудеральних видів, переважно лучних, різко скорочується. Домінантами стають види, що мають піонерну стратегію життя.

Третій етап (7–11 років після рубки) – переломний у зміні видового складу. Дрібнолисті види дерев, як-от береза повисла, тополя тремтяча і верба козяча, що масово з'являються відразу після рубки лісу, виходять з ярусу трав. Підріст починає формувати зімкнутий ярус. Зменшення освітленості під наметом підросту і збільшення кореневої конкуренції за воду і елементи мінерального живлення ведуть до поступового зникнення лучних, болотних та інших видів рослин.

Четвертий етап (12–17 років після рубки) – зімкнуті молоді лісові співтовариства. У цей період відбувається зміна флористичного складу на лісовий.

П'ятий етап (18 і більше років після рубки) – лісовий. До цього часу

флористичний склад наближається до лісового і повністю формується лісова екосистема.

Часові межі останніх трьох етапів зміни флористичного складу умовні й пов'язані з особливостями видового складу лісу, що утворюється на вирубках, регулярністю та інтенсивністю проведення рубок освітлення. Повне відновлення вихідного флористичного складу лісових фітоценозів відбувається за 20–30 років після рубки лісу.

На кінець 2018 р., за наведеною класифікацією, враховуючи той факт, що активний видобуток бурштину на більшості дослідних ділянок зупинився наприкінці 2016 – на початку 2017 р., вони мають перебувати в межах першого етапу зміни рослинності на вирубках. Однак на ділянках, що зазнали значних пошкоджень унаслідок видобутку гідромеханічним методом, збільшення флористичної ємності спільнот не спостерігається. На окремих ділянках, у межах Поясківського лісництва, упродовж двох років не виявлено самосіву жодного виду вищих судинних рослин.

За результатами наших досліджень, така ситуація зумовлена дуже сильним закисленням субстрату на цих ділянках. Саме підвищена кислотність є фактором, що не дає можливості утворитися фітоценозам.

У контексті роботи, враховуючи господарську належність порушених територій, ми приділили окрему увагу динаміці природного поновлення лісотвірних видів на порушених територіях. Узагальнені дані про самосів основних лісотвірних видів наведено в табл. 2.

Найбільш рясне природне поновлення лісотвірних видів, зокрема найбільше видове різноманіття самосіву

2. Успішність природного поновлення лісотвірних видів

№ ТПП	Види рослин	Вік, років	Кількість, шт. на м ²	Висота, см	Річний приріст, см
1	3	4	5	6	7
ДП «Білокоровицьке ЛГ», Поясківське лісництво					
1	<i>Betula pendula</i> Roth	1-2	2,0	3	3
		2	-	-	-
2	<i>Pinus sylvestris</i> L.	1	0,5	8	8
		2	0,1	17	9
	<i>Betula pendula</i> Roth	1	1,0	7	7
		2	0,5	17	9
	<i>Populus tremula</i> L.	1	0,5	15	15
		2	0,1	35	21
	Разом		2,7		
3	<i>Pinus sylvestris</i> L.	1	2,0	7	7
		2	1,0	23	14
	<i>Quercus robur</i> L.	1	0,5	9	9
		2	0,2	19	10
	<i>Betula pendula</i> Roth	1	3,0	12	12
		2	2,0	27	17
	<i>Populus tremula</i> L.	1	0,5	15	15
		2	0,1	35	21
	<i>Acer platanoides</i> L.	1	0,1	10	10
		2	0,3	25	15
	Разом		9,7		
4	<i>Betula pendula</i> Roth	1	-	-	-
		2	0,1	15	10
	<i>Populus tremula</i> L.	1	0,2	10	10
		2	-	-	-
	Разом		0,3		
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	<i>Pinus sylvestris</i> L.	1	1,0	5	5
		2	0,5	15	8
	<i>Quercus robur</i> L.	1	0,2	6	6
		2	0,1	14	10
	<i>Betula pendula</i> Roth	1	2,0	11	11
		2	2,0	20	10
	<i>Populus tremula</i> L.	1	0,2	10	10
		2	-	-	-
	<i>Acer platanoides</i> L.	1	0,1	10	10
		2	0,3	25	15
	Разом		6,5		

1	3	4	5	6	7
8	Pinus sylvestris L.	1	6,0	7	7
		2	4,0	17	10
	Quercus robur L.	1	1,0	5	5
		2	1,0	12	7
	Betula pendula Roth	1	18	10	10
		2	12,0	25	15
	Alnus glutinosa (L.) Gaertn.	1	0,1	6	6
		2	0,5		
	Populus tremula L.	1	1	25	25
2		-	-		
	Разом		33,6		
9	Pinus sylvestris L.	1	7,0	8	8
		2	4,0	17	10
	Quercus robur L.	1	1,0	6	6
		2	0,2	15	8
	Betula pendula Roth	1	12,0	13	13
		2	5,0	25	15
	Populus tremula L.	1	0,1	15	15
		2	0,5	30	20
	Carpinus betulus L.	1	-	-	-
		2	0,1	15	10
	Acer platanoides L.	1	-	-	-
		2	0,1	20	12
	Quercus rubra L.	1	0,1	15	15
2		-	-	-	
	Разом		30,1		
10	Pinus sylvestris L.	1	2,0	8	8
		2	2,0	17	10
	Quercus robur L.	1	1,0	6	6
		2	0,2	15	8
	Betula pendula Roth	1	7,0	13	13
		2	4,0	25	15
	Populus tremula L.	1	1,0	25	25
		2	-	-	
	Quercus rubra L.	1	0,1	10	10
2		-	-	-	
	Разом		17,3		
11	Pinus sylvestris L.	1	1,0	10	10
		2	2,0	18	10
	Quercus robur L.	1	-	-	-
		2	0,1	15	8
	Betula pendula Roth	1	2,0	13	13
		2	3,0	25	15

1	3	4	5	6	7
11	<i>Populus tremula L.</i>	1	0,1	25	25
		2	-	-	
	<i>Carpinus betulus L.</i>	1	-	-	-
		2	0,1	12	8
	<i>Acer platanoides L.</i>	1	-	-	-
		2	0,3	20	12
	Разом		8,6		
ДП «Олевське ЛГ», Юрівське лісництво					
12	<i>Pinus sylvestris L.</i>	1	3,0	6	6
		2	1,0	17	17
	<i>Quercus robur L.</i>	1	0,1	9	9
		2	0,5	16	8
	<i>Betula pendula Roth</i>	1	2,0	12	12
		2	3,0	23	14
	Разом		9,6		
13	<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>	1	0,1	5	5
		2	0,5	15	10
	<i>Populus tremula L.</i>	1	0,1	27	27
		2	-	-	
	<i>Acer platanoides L.</i>	1	0,1	10	10
		2	-	-	-
	<i>Tilia cordata Mill.</i>	1	0,1	5	5
		2	-	-	
	Разом		0,9		
14	<i>Pinus sylvestris L.</i>	1	4,0	7	7
		2	1,0	15	9
	<i>Quercus robur L.</i>	1	0,1	8	8
		2	0,1	17	8
	<i>Betula pendula Roth</i>	1	1,0	15	15
		2	1,0	27	27
	<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>	1	0,3	6	6
		2	0,1	14	15
	<i>Populus tremula L.</i>	1	0,1	21	21
		2	-	-	-
	Разом		7,7		

деревних видів, спостерігається на ділянках, де бурштин видобували ручним методом. І навпаки, на ділянках, де видобуток проводили гідромеханічним методом, кількість і якості самосіву значно менші, а на закислених ділянках самосіву немає взагалі. Саме підвище-

на кислотність субстрату є важливою проблемою, яка потребує розв'язання в контексті подальшої роботи.

Висновки і перспективи. Динамічні процеси, що відбуваються на досліджуваних лісових ділянках, порушених унаслідок видобутку бурш-

тину, можна віднести до вторинних сукцесій. На них відбувається зміна фітоценозів при порушенні або знищенні наявних насаджень. Під час вторинних сукцесій на дослідних ділянках можливе виділення трьох типів процесів змін фітоценозів.

1. Демутації (відновлення стану, близького до вихідного фітоценозу) відбуваються за часткового або повного знищення деревостану з лісотвірних видів і незначних порушень ґрунтового покриву і трав'янисто-чагарникового ярусу під час видобутку бурштину. Такий тип сукцесійного процесу відбувається переважно на ділянках лісу, де бурштин видобували шляхом копання ям вручну, а також поодиноких, переважно пробних місцях його гідромеханічного видобутку. У нових фітоценозах, що формуються на таких ділянках, значною мірою зберігається флористичний склад. Перебіг природного лісовідновлення на ділянках, де було знищено деревостан, веде переважно до формування вторинних мішаних насаджень із переважанням берези повислої, тополі тремтячої, сосни звичайної, а також дуба звичайного і вільхи чорної вегетативного походження. Такі ділянки своєю чергою можуть згодом перейти в ліси з переважанням сосни звичайної. Демутації відбуваються тільки за умови незначного порушення ґрунтів. Ділянки з такими типами порушень не потребують спеціалізованих заходів із дендрорекультивації. Рекомендовано, за потреби, прибирання захаращеності, утвореної загibliми деревами, та згодом проведення рубок формування насаджень.
2. Квазіпервинні сукцесії виникають у разі повного знищення деревостану

та дуже великих порушень ґрунту і трав'янисто-чагарникового ярусу, коли едафотоп змінюється настільки сильно, що сукцесійні процеси наближаються до первинних сукцесій. Такий тип сукцесійного процесу є характерним для ділянок, де найбільш інтенсивно тривав видобуток бурштину саме гідромеханічним методом. Справді, сукцесії, що починаються на оголеному ілювіальному ґрунтовому горизонті, мають риси первинних сукцесій. На таких ділянках починають формуватися нові фітоценози, флористично далекі від вихідних лісових. Їх утворення залежить від характеру порушень ґрунту, гідрологічних умов та кислотності. Лісовідновлення на таких ділянках не відбувається тривалий час, тому розробка методів їх дендрорекультивації є найбільш значущою в контексті роботи.

3. Неповночленні вторинні сукцесії призводять до відновлення лісових фітоценозів, однак не вихідних насаджень. Утворення насаджень з переважанням сосни звичайної та дуба звичайного на ряді дослідних ділянок ускладнене через брак їх поновлення на заболочених територіях. Унаслідок починають формуватися насадження з переважанням берези повислої, тополі тремтячої та вільхи чорної. Неповночленні сукцесії починають проходити на заболочених ділянках, де насадження сосни звичайної були вирубані старателями або загинули в процесі видобутку.

Успішність природного поновлення на порушених лісових ділянках залежить від ступеня та характеру пошкодження, типу умов місцезростання, площі ділянки, давності пошкодження та періоду року, коли пошкодження було завдане. На підставі досліджень

на пошкоджених унаслідок видобутку бурштину лісових ділянках можна зробити такі висновки: на окремих лісокультурних площах налічується достатня кількість природного поновлення, що дає змогу висловити сумнів щодо доцільності створення тут суцільних лісових культур. Оптимальним способом лісовідновлення на таких територіях є комбінований (посадка лісу з урахуванням попереднього і з розрахунком на подальше природне поновлення), завдяки чому досягається достатня кількість життєздатного підросту основних лісотвірних видів. На наступне відновлення впливає наявність стін лісу (найбільшу кількість самосіву виявлено на відстані до 30–35 м від них) і стан ґрунту (найбільша кількість самосіву – саме на мінералізованому ґрунті, де немає конкуренції з боку трав'янистих рослин). Відновлення лісу на основі або з використанням природного поновлення може суттєво знизити витрати на виробництво лісових культур і допоможе сформувати насадження, більш різноманітні та стійкі до негативних природних і антропогенних впливів.

Список літератури

- Dorenko, E. P. (1979). Remediation of lands affected by open development. Moscow: Nedra (in Russian).
- Gordienko, M. I., Mayrer, V. M., & Kovalevskiy, S. B. (2000). Methodological guidelines for the study and research of forest crops. Kyiv: NAU (in Ukrainian).
- Gorgienko, M. I., & Gordienko, N. M. (1988). Successions of vegetation on clearings in Polesie and Forest-Steppe of Ukraine and restoration of Scots pine. *Forest Studies*, 4, 34–41 (in Russian).
- Gysev, A. P. (2001). Forest ecosystems under the conditions of anthropogenic impact (landscape-ecological studies). Gomel: Gomel university (in Russian).
- Homjk, I. V. (2012). Phytindication characteristic of transformation of plant communities of regenerative vegetation of Central Polissya. *Ecosystems are their optimization and protection*, 5 (24), 58–65 (in Ukrainian).
- Kucheriavyi, V. P., & Henyk, Y. V. (Eds.). (2006). Reclamation and phyto-melioration. Lviv (in Ukrainian).
- Maidanovych, Y. A., & Makarenko, D. E. (1988). Geology and genesis of amber deposits of Ukrainian Polesye. Kiev: Naukova dumka (in Russian).
- Nadtochii, P. P. (2015). Ecological-economic assessment of the impact of activities related to the illegal mining of amber on the state of the environment of Zhytomyr region. *Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University*, 1 (47), 28–50 (in Ukrainian).
- Nadtochii, P. P., & Myslyva, T. M. (2015). Environmental consequences of amber mining in Zhytomyr region. *Zhytomyr: ZhNAEU* (in Ukrainian).
- Nadtochii, P. P., & Myslyva, T. M. (Eds.). (2007). Protection and rational use of natural resources and land reclamation. *Zhytomyr: ZhSAEU* (in Ukrainian).
- Pylypenko, O. I., & Yukhnovskyi, V. Y. (Eds.). (2010). Forest melioration. Kyiv: Ahrarna osvita (in Ukrainian).
- Romashov, N. V. (1972). Reforestation in various types of pine forests of the Left Bank Forest-Steppe and Polesie of the Ukraine SSR. *Forestry and agroforestry*, 30, 44–48 (in Russian).
- Trembitskiy, V. A., & Myslyva, T. M. (Eds.). (2011). Atlas of agro-ecological status of soil cover of Zhytomyr region. *Zhytomyr: Obldzhrodyuchist* (in Ukrainian).
- Vovk, O. O., Pechak, O. O., & Sydorenko, N. A. (2008). Influence of Ukraine's Mining Complex on the Environment. *Bulletin of the National Aviation University*, 1, 131–134 (in Ukrainian).

S. B. Kovalevsky, Yu. M. Marchuk, K. V. Mayevsky, O. M. Kurdyuk (2019). Succession processes on the territories disrupted due to illegal amber mining of Zhytomyr Regional Forestry and Hunting administration. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2): 26-40. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.026>.

The production of amber, irrespective of the method, is accompanied by destruction of surface geological deposits, soils, felling of forest stands, and destruction of vegetation. As a result of the extraction of soils from pits, craters and trenches, spilling and weaving of elevations, a more contrasting relief is formed. On the whole territory of Zhytomyr Regional Forestry and Hunting Administration where extraction was carried out new man-made forms of relief were formed which doesn't a characteristic of the natural landscape. A mineralized surface is characterized for all affected areas by local landscape formations of several dozen hectares with different configurations of borders with completely destroyed soils and a highly dismembered micro-relief consisting of alternating shafts and humps with craters, ditches, and pits. The results show that the characteristic consequence of amber mining by the hydromechanical method is also the acidification of the substrate with the highest acidity the pH value was 2.5. This situation is due to the fact that water for hydromechanical alluvium is taken from the marshes and has high acidity, as a result of soil washing with such water, there is a change in its pH to the side of the more acidic. In areas where the acidity of the substrate had above 3.5 the self-seeding was practically absent. The study of the species diversity of plants growing on the territory of amber extraction makes it possible to develop effective mechanisms for stimulating the existing natural regeneration and developing an appropriate assortment of plants for further dendro-reclamation. The vegetation analysis we conducted on 14 temporary trial plots. Obviously that the overwhelming majority of species discovered in the study remains of natural vegetation typical for those types of forest and forest plant conditions that exist on the sites prior until their damage. We noted that most tree plants are vegetative renewal after cutting or covering during the amber extraction. Small plants and even whole groups were preserved at the roots of the felled trees. We observed the most abundant natural renewal of forestry species in areas where amber extraction was carried out manually. Precisely on these plots we found the most diverse variety of self-seeding wood species and vice versa, in areas where mining was carried out by the hydromechanical method, the quantity and quality of self-seeding is much smaller, in the acidified areas is absent at all. We convinced that the increased acidity of the substrate is an important problem that needs to be addressed in the context of further work.

Keywords: amber, dendro-reclamation, extraction, disturbance, reclamation, damage, self-seeding, succession, natural regeneration.

Отримано : 26.12.2018 р.

ОСОБЛИВОСТІ ВКОРІНЕННЯ ТА РОСТУ ЖИВЦЕВИХ САДЖАНЦІВ КУЛЬТИВАРІВ ТОПОЛІ У СУДІБРОВНИХ УМОВАХ КИЇВСЬКОГО ЛІСОСТЕПУ

В. М. Маурер, кандидат сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

О. Ю. Чемерський, директор,
ДП «Фастівське лісове господарство»

С. М. Дударець, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій,

І. С. Одарченко, кандидат сільськогосподарських наук,
асистент кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

А. С. Петльовий, лісничий,
А. О. Дереш, помічник лісничого,
ДП «Фастівське лісове господарство»
E-mail: v_maurer@nubip.edu.ua

Наведено значення та актуальність плантаційного лісовирощування у контексті процесу відтворення лісів та ефективного використання земельних ресурсів, інтенсифікації лісгосподарського виробництва. Приділено увагу історичним аспектам плантаційного лісовирощування, коли мали місце неодноразові спроби створення насаджень швидкорослих видів, у тому числі тополі, як у малолісних, так і промислово розвинених регіонах. Основна мета проведених досліджень полягала у здійсненні попередньої фахової оцінки придатності апробованих в експерименті культиварів тополі для плантаційного вирощування у судібровних умовах північної частини Правобережного Лісостепу за особливостями укорінення живців і ростом живцевих саджанців їхніх клонів у тестових плантаціях, починаючи з фази приживлення. Зазначено, що дослідження програмних питань проведено з використанням загальноприйнятих у лісівництві методик і загальнонаукових методів: аналізу, синтезу, порівняння і узагальнення отриманих наукових матеріалів. Придатність окремих культиварів тополі для вирощування у судібровних лісорослинних умовах оцінювали з використанням фітоіндикаційного методу.

Охарактеризовано особливості вкорінення здерев'янілих живців та росту однорічних живцевих саджанців різних клонів тополі на тестовій лісосировинній плантації в умовах вологої судіброви Київського лісостепу. Здійснено попередню фахову оцінку науково обґрунтованої придатності використання в умовах вологої судіброви окремих культиварів тополі вітчизняної та зарубіжної селекції. Встановлено, що з

апробованих в експерименті культиварів тополі в умовах регіону досліджень у фазі приживлення краще вкорінюються живці та інтенсивніше ростуть живцеві саджанці клонів 'Ijzer-5' і 'Ghoy'. Гірше вкорінюються здерев'янілі живці тополь 'I-214' і 'I-45/51', а повільніше ростуть – однорічні саджанці тополі Торопогрицького, 'San Giorgio' і 'Blanc de Poitou'. Логічним поясненням виявлених особливостей є специфічне відношення зазначених культиварів до родючості ґрунтів та їх вологості, які необхідно

Ключові слова: тополя, плантаційне лісовирощування, лісосировинні плантації, культивар, клон, здерев'янілі живці.

Актуальність. У наш час важко переоцінити актуальність плантаційного лісовирощування для умов малолісної України. Передусім такий підхід у створенні лісових насаджень є економічно обґрунтованим доповненням традиційного та екоадапційного підходів до відтворення лісів, оскільки тільки їх гармонійне поєднання є запорукою переходу до збалансованого ведення лісового господарства країни (Maurer & Kaidyk, 2016). Немає сумнівів, що плантаційне лісовирощування є стратегічно важливим напрямом примноження вітчизняних лісових ресурсів. Суттєве збільшення його обсягів дасть змогу індустріалізувати процес відтворення лісових ресурсів, суттєво зменшить навантаження на природні та штучно створені лісові біоценози, сприятиме ефективному використанню земельних ресурсів, інтенсифікації лісогосподарського виробництва та прискореному економічному розвитку галузі й народного господарства загалом. Зазначене і визначає непересічну актуальність широкого запровадження трансформаційного підходу до лісовирощування в країні з лісистістю, що не перевищує 16 %.

При цьому необхідно зазначити, що і нині у лісовому фонді країни, зокрема Київської області, значною є частка незаліснених перезволожених

ділянок, площ, вкритих малопродуктивними насадженнями, а також галявин і низькопродуктивних сіножатей, ефективність використання яких можна суттєво підвищити шляхом закладання на них плантаційних насаджень швидкорослих деревних видів.

Поряд із економічними перевагами, плантаційне лісовирощування, за умови його запровадження на нелісових землях, сприятиме відтворенню на них ознак та властивостей лісових екосистем, що визначає його особливу актуальність у контексті вкрай важливого для України розширеного відтворення лісових ресурсів з метою підвищення лісистості території країни. Такий підхід унеможливить повторення фахових помилок, що зумовили масове всихання сосняків унаслідок ураження їх кореневою губкою, які були допущені під час заліснення земель після тривалого сільськогосподарського користування (Lozytskyi et al., 1987; Nehrutskyi, 1986).

Слід зазначити, що культиварам тополь, завдяки їхній легкій здатності до гібридизації, ефективності і простоті вегетативного розмноження та інтенсивному росту, починаючи з перших років вирощування, науково обґрунтовано надається пріоритет під час створення лісосировинних плантацій. Зазначені переваги тополь визначили й обсяги створення їхніх

лісосировинних плантацій, площа яких у країні згідно з концепцією Біоенергетичної асоціації України у 2020 р. має сягнути 20 тис. га, а у 2030 р. – близько 100 тис. га, що дасть змогу додатково щорічно продукувати 0,54 млн тонн умовного палива (Odarchenko, 2017).

Вищезазначене свідчить про неабияку актуальність і доцільність апробації різних культиварів тополі на тестових плантаціях із метою оцінки їхньої придатності для прискореного лісовирощування у промислових масштабах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Прискорене плантаційне лісовирощування тополі у світі має давню історію (Redko, 1975; Fylymonova, 1962; Shchepotev, 1959; Langeveld et al., 2012). Достовірно встановити, коли вперше тополі почали вирощувати у комерційних цілях, майже неможливо, оскільки наявні в літературі дані значно відрізняються. Приміром, Stoffel (2018) вказує, що в Європі тополі почали вирощувати у 1600-х рр., а у західній частині Північної Америки, за даними Berguson (2010) – наприкінці 1800-х.

Перші прототипи індустриальних біоенергетичних насаджень швидкорослих рослин з'явилися у часи світової нафтової кризи 1973 р., яка зумовила зростання плантаційного лісовирощування деревини як відновлювального джерела енергії. Деякі держави, зокрема США, наприкінці 1970-х рр. прийняли спеціальну програму, яка передбачала створення «енергетичних» плантацій, передусім тополі, на 10 % площі країни (Langeveld et al., 2012).

Подальше стрімке зростання обсягів плантаційного лісовирощування зумовлювалося екологічними

вигодами відновлюваних джерел енергії та державною підтримкою закладання біоенергетичних плантацій тополь у розвинених країнах.

Плантаційне лісовирощування тополь в Україні також має досить давню історію, проте належного визнання не мало. Ще за часів колишнього СРСР були неодноразові спроби створення насаджень швидкорослих видів, зокрема тополі, як у малолісних, так і промислово розвинених регіонах. Під час найвідомішої кампанії зі створення плантацій швидкорослих видів в Україні у 1960-ті рр. тільки упродовж п'яти років було закладено понад 75 тис. га тополевих плантаційних культур (Lavrynenko, 1962). Показовою у цьому плані є історія діяльності Херсонського целюлозно-паперового заводу. Для забезпечення його проектної потужності (25 тис. тонн целюлози на рік) було проведено низку досліджень щодо можливості та доцільності вирощування тополі на Нижньодніпровських пісках і розпочато масштабні роботи зі створення постійної сировинної бази. Окремі розробки були впроваджені у виробництво (Holovchanskyi & Kovalenko, 1975; Mykhalkiv et al., 1991). Проте через загальний економічний спад і розрив міжгалузевих зв'язків відбулося різке зниження обсягів виробництва заводу, а разом з тим призупинилися і роботи з вивчення та розвитку плантаційного лісовирощування.

На жаль, унаслідок науково необґрунтованого запровадження у ті часи плантаційного вирощування тополі у практику ведення лісового господарства не вдалося отримати очікуваних високих результатів. Допущені під час закладання плантацій помилки дискредитували цей надзвичайно

необхідний і перспективний напрям лісовирощування. Зазначене свідчить про неабияку актуальність досліджень щодо наукового обґрунтування питань, які визначають ефективність плантаційного лісовирощування.

Попри все, сьогодні в Україні активізувалися роботи з дослідження агробіологічних, технологічних та економічних аспектів плантаційного лісовирощування тополі. Зокрема, на Поліссі значні дослідження щодо планування, створення та вирощування тополі на плантаціях проведено у Київській області на базі Національного університету біоресурсів та природокористування України та Боярської лісової науково-дослідної станції (Odarchenko & Maurer, 2016; Fuchylo et al., 2012; Fuchylo, 2015; Shylin & Maurer, 2014). З 2000 р. у статистичній звітності Державного агентства лісових ресурсів України подається інформація щодо обсягів створення «плантаційних лісових культур зі скороченим оборотом рубки». Проте наразі більшість цих насаджень мають переважно експериментальний характер.

Агробіологічні й технологічні аспекти створення та вирощування тополевих насаджень на теренах нашої держави свого часу вивчали Lavrynenko (1964, 1966), Redko (1970), Bohdanov (1965), Shevchenko (1958), Shchepotev (1959) та ін.

Оскільки головним показником, що визначає ефективність плантаційного лісовирощування, є продуктивність насаджень, украй важливим питанням є науково обґрунтований добір високопродуктивних культиварів. При цьому до перспективних деревних рослин для плантаційного лісовирощування відносять культивари, що здатні продукувати за рік на одному гектарі

більше ніж 15 м³ деревної маси. Без сумніву, до таких належать представники роду Тополя (*Populus spp.*) і, передусім, їхні **гібриди з гетерозисним ефектом**. У цьому контексті особливо актуальним є добір і районування до певних лісорослинних умов найбільш продуктивних їхніх клонів, з урахуванням біологічних і екологічних особливостей та ценотичних властивостей культиварів.

Мета дослідження: здійснити попередню фахову оцінку придатності апробованих в експерименті культиварів тополі для плантаційного вирощування у судібровних умовах північної частини Правобережного Лісостепу (на прикладі ДП «Фастівське лісове господарство») за особливостями укорінення живців і ростом живцевих саджанців їхніх клонів у тестових плантаціях, починаючи з фази приживлення.

Матеріали і методи дослідження. Предметом досліджень слугували вкорінюваність і ріст тринадцяти культиварів тополі вітчизняної та зарубіжної селекції (табл. 1) тестової плантації у судібровних умовах Київського лісостепу. Дослідження програмних питань проведено на плантації тополі, що була створена навесні 2018 р. у другому виділі 86 кварталу Веприківського лісництва ДП «Фастівське лісове господарство» Київського обласного та у м. Києву управління лісового і мисливського господарства. Науково-виробничу плантацію апробованих в експерименті культиварів тополі закладено на свіжому зрубі площею 0,2 га. Суцільну санітарну рубку всихаючого 55-річного деревостану з повнотою 0,4 і переважанням у складі насадження ялини європейської (6Яле2Сзв1Дзв1Бп+Гз), що зростав

за Іа бонітетом, було проведено в січні 2018 р. Свого часу на цій ділянці з вологими судібровними умовами (тип лісу С₃ГД – волога грабова судіброва) було створено культури ялини європейської. Нині лісорослинні умови можна ідентифікувати як судібровні перехідного від вологого до свіжого гігротопу.

З метою оцінки біологічних особливостей ризогенезу апробованих в експерименті культиварів тополь, плантацію закладено шляхом висаджування необроблених ростовими речовинами здерев'янілих живців у попередньо нарізані плугом ПКЛ-70 борозни глибиною 12–15 см, із розміщенням садивних місць 4,0 × 1,0 м. Між рядами тополі висаджено 2-річні сіянці ялини з кроком садіння у ряду 0,75 м. Загалом було висаджено понад 500 живців 13 культиварів тополі діаметром 0,9–2,1 см і довжиною 25 см, які були заготовлені (окрім живців

тополі ‘Торопогрицького’) на колекційній ділянці навчально-дослідного розсадника кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України (табл. 1). Серед апробованих культиварів переважають клони форм чорних тополь французької, голландської та італійської селекцій (‘Ijzer-5’, ‘Ghoy’, ‘Dorskamp’, ‘HeidemiJ’, ‘Robusta’, ‘Blank du Poitou’, ‘Serotina’, ‘Tardif de Champagne’, ‘I-214’, ‘I-45/51’, ‘Vereecken’, ‘San Giorgio’) та вітчизняної селекції – тополя Торопогрицького (Holovchanskyi & Kovalenko, 1975).

Дослідження програмних питань проведено з використанням загальноприйнятих у лісівництві методик і загальнонаукових методів: аналізу, синтезу, порівняння і узагальнення отриманих наукових матеріалів.

Придатність окремих культиварів тополі для вирощування у судібровних лісорослинних умовах оцінювали з використанням фітоіндикаційного

1. Селекційна характеристика апробованих в експерименті культиварів тополі

№ пор.	Назва культиварів тополі
1	‘Ijzer 5’ – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘ijzer 5’
2	‘Ghoy’ – <i>Populus nigra</i> L. cv. ‘ghoy’
3	‘Dorskamp’ – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘dorskamp’
4	‘Heidemi J’ – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘heidemij’
5	Robusta – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘robusta’
6	‘Blank de Poitou – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘Blank de Poitou’
7	‘Serotina’ – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘serotina’
8	‘Tardif de Champagne’ – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘Tardif de Champagne’
9	‘I-45/51’ – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘I45/51’
10	‘I-214’ – <i>Populus × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. ‘I – 214’
11	‘Vereecken’ – <i>Populus nigra</i> L. cv. ‘vereecken’
12	‘San Giorgio’ – <i>Populus nigra</i> L. cv. ‘San Georgio’ (Italica)
13	Тополя ‘Торопогрицького’ – <i>P. × euramericana</i> (Dode) Guinierv. ‘I-214’ × <i>P. Pyramidalis</i> Rozier

методу (Klymenko et al., 2010). Відповідно до цього методу, особливості укорінення живців і збереженості висаджених рослин, їхні стан, ріст і продуктивність слугують критеріями доцільності використання найкращих з апробованих в експерименті клонів тополі на ділянках з умовами, подібними до досліджуваних.

Особливості вкорінення апробованих у тестових плантаціях живців досліджували за приживлюваністю висаджених живців, яку відповідно до «Інструкції з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів» (Instruction on design, technical acceptance, registration and evaluation of forest-cultural objects quality) визначали наприкінці першого вегетаційного періоду (після 1 жовтня 2018 р.), а середню висоту однорічних живцевих саджанців після завершення їхнього росту – станом на 21 жовтня 2018 р. На підставі результатів отриманих даних виконано їхню статистичну обробку (Budzhak, 1975).

Результати дослідження та їх обговорення. Порівняння успішності вкорінення висаджених живців тополь показало, що загалом в умовах посушливої весни та засушливого літа 2018 р. з апробованих в експерименті клонів в умовах вологої судіброви краще вкорінювалися здерев'янілі живці культиварів 'Ijzer-5' і 'Ghoy', відповідно 85,0 і 83,9 % (табл. 2), а найгірше – 'I-45/51' (20,0 %), 'I-214' (29,2 %), 'Serotina' (32,7 %) і тополі Торопогрицького (34,0 %). Порівняно високою (вище ніж середня – 54,5 %), з урахуванням метеорологічних особливостей вегетаційного періоду року, була вкоріненість живців культиварів 'Heidemi J', 'Dorskamp', 'Vereecken', 'Robusta', 'San Georgio' і 'Tardif de Champagne'. При цьому необхідно зазначити, що значна кількість живців культиварів із низьким укоріненням усохла влітку після розпускання листочків і початку ростових процесів.

Інтенсивнішим ростом з-поміж апробованих в експерименті культиварів тополь у фазі вкорінення

Укорінюваність здерев'янілих живців і висота однорічних живцевих саджанців апробованих в експерименті культиварів тополі

№ пор.	Культивари тополь	Кількість висаджених, шт.	Приживлюваність (укорінюваність), %	Висота, см (M±m)
1	'Ijzer 5'	40	85,0	35,0±2,50
2	'Ghoy'	31	83,9	39,6±3,90
3	'Dorskamp'	49	59,2	28,3±2,50
4	'Heidemi J'	48	58,3	28,4±3,50
5	'Robusta'	49	65,3	33,3±2,70
6	'Blank de Poitou'	45	44,4	20,5±2,30
7	'Serotina'	49	32,7	30,6±3,20
8	'Tardif de Champagne'	46	69,6	30,2±2,00
9	'I-45/51'	50	20,0	24,5±2,50
10	'I-214'	48	29,2	33,2±2,30
11	'Vereecken'	30	60,0	24,7±2,20
12	'San Georgio'	49	67,3	19,2±1,80
13	'Т. Торопогрицького'	65	34,0	17,4±1,50
Середнє:		46	54,5	28,1±2,52

живців характеризувалися однорічні живцеві саджанці клонів, які мали краще вкорінення, – 'Ijzer-5' і 'Ghoy'. Їхня середня висота наприкінці першого року становила відповідно 35,0 і 39,6 см. Незначно за висотою їм поступалися живцеві саджанці культиварів 'Robusta' і 'I-214'. Найменшою на кінець першого року була середня висота живцевих саджанців клонів тополі 'Торопогрицького', 'San Georgio' і 'Blank de Poitou', відповідно 17,4, 19,2 і 20,5 см. Незначно більшою за середню (28,1 см), окрім згадуваних вище, була висота однорічних живцевих саджанців культиварів 'Dorskamp', 'Heidemi J', 'Tardif de Champagne' і 'Serotina'. Проведене порівняння успішності вкорінення живців апробованих культиварів та середньої висоти їхніх однорічних живцевих саджанців дає змогу попередньо виділити клони, що більш або менш придатні для культивування в умовах свіжої і вологої судібров регіону досліджень. До них можна віднести культивари 'Ijzer-5', 'Ghoy', 'Robusta' і 'Tardif de Champagne'.

Уточнення оцінки придатності потребує культивар вітчизняної селекції

тополя 'Торопогрицького', оскільки його живці для закладання тестової плантації були заготовлені раніше, ніж інші, в ДП «Колківське ЛГ» і транспортувалися до місця висаджування більш тривалий час порівняно із живцями інших культиварів.

Певний інтерес становлять дані щодо взаємозв'язку успішності вкорінення здерев'янілих живців та росту за висотою однорічних живцевих саджанців (рисунок). Наведені дані свідчать, що для більшості культиварів характерний прямий взаємозв'язок між вкоріненістю живців та їхнім ростом за висотою. Винятком є культивари 'Serotina', 'I-45/51' та 'I-214'.

Логічним поясненням виявлених особливостей, які узгоджуються з даними, отриманими за результатами дослідження у Західному Поліссі та Опіллі (Shylin, 2016), є специфічне відношення зазначених культиварів до родючості ґрунтів та їхньої вологості, які необхідно враховувати під час добору рослин для плантаційного лісовирощування тополі.

Загалом за попередніми даними найбільш придатними для культивування у свіжих і вологих судібровних

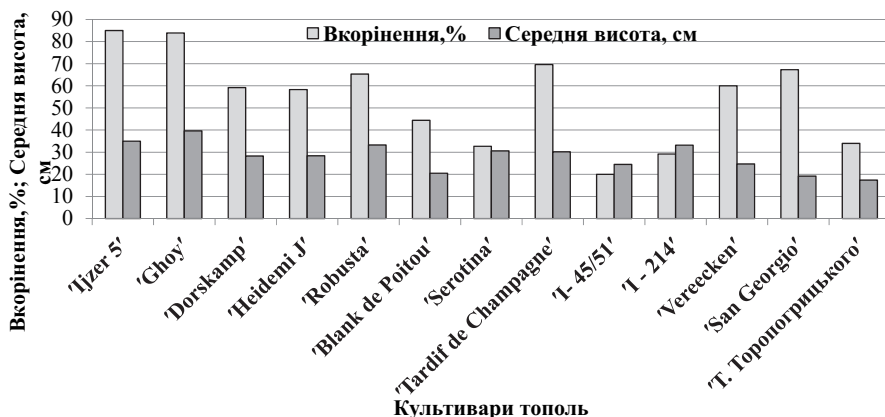


Рисунок. Співвідношення успішності укорінення живців і середньої висоти живцевих саджанців апробованих в експерименті культиварів тополі

умовах регіону досліджень є культивари тополі 'Ijzer-5' і 'Ghoi'. Найближчими до них за отриманими показниками є клони тополь 'Robusta' і 'Tardif de Champagne'. Додаткової перевірки щодо придатності потребує тополя 'Торопогрицького', яка в аналогічних умовах ДП «Городнянське лісове господарство» вирізнялася найвищою укорінюваністю живців та збереженістю живцевих саджанців серед інших дев'яти культиварів тестової плантації.

Висновки і перспективи. Дослідження підтверджують доцільність науково обґрунтованого добору найбільш придатних для конкретних умов регіону культиварів тополі для плантаційного лісовирощування.

Попередня оцінка успішності вкорінення здерев'янілих живців апробованих в експерименті культиварів тополь та їхнього росту за висотою свідчить, що найбільш придатними для умов регіону досліджень є клони 'Ijzer-5' і 'Ghoi'. До перспективних належать культивари тополь 'Robusta' і 'Tardif de Champagne'.

Список літератури

- Bergusson, W., Eaton, J., & Stanton, B. (2010). Development of Hybrid Poplar for Commercial Production in the United States: The Pacific Northwest and Minnesota Experience. Challenges and Roadmaps for Six U.S. Regions, Duluth, 282–299.
- Bohdanov, p. I. (1965). Poplars and their culture. Moscow: Forest industry (in Russian).
- Budzhak, V. V. (1975). Biometry. Chernivtsi: Chernivtsi National University (in Ukrainian).
- Fuchylo, D. Ya. (2015). Selection of poplar cultivars for plantation growing in the conditions of the new prosecutor of the Kiev Polissya. Scientific Bulletin of NFWU of Ukraine, 25.5, 106–110 (in Ukrainian).
- Fuchylo, Ya. D., Litvin, V. M., & Sbytna, M. V. (2012). Biological, ecological and technological aspects of plantation poplite cultivation in the conditions of Kyiv Polissya. Kiev: Logos (in Ukrainian).
- Fylymonova, V. D. (1962). Poplar culture abroad. Moscow: Goslesbumizdat (in Russian).
- Holovchanskiy, Y. N., & Kovalenko, A. Y. (1975). Poplar Toropogritskogo – fast-growing hybrid. Forestry and agroforestry, 42, 40–47 (in Russian).
- Instruction on design, technical acceptance, registration and evaluation of forest-cultural objects quality. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10> (in Ukrainian)
- Klymenko, M. O., Feshchenko, V. P., & Vozniuk, N. M. (2010). Foundations and methodology scientific researches. Kiev: Agricultural education (in Ukrainian).
- Langeveld, H. F., Quist-Wessel, F., & Dimitriou, I. (2012). Assessing Environmental Impacts of Short Rotation Coppice (SRC) Expansion: Model Definition and Preliminary Results. BioEnergy Research, 5, 621–635.
- Lavrynenko, D. D. (1964). Ways to create poplar plantations in Ukraine. Increase productivity and conservation of forests. Moscow: Forest industry (in Russian).
- Lavrynenko, D. D. (1962). The results of the inventory of poplar crops, created in 1955–1959 in Ukraine. Kiev: Forest cultures and forestry. Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR (in Russian).
- Lavrynenko, D. D., & Redko, H. Y. (1966). Creation of poplar plantations. Moscow: Forest industry (in Russian).
- Lozytskyi, V. H., Ustskyi, I. M., Vedmid, M. M., & Rohovyi, V. I. (2012). Features of distribution of root sponge in pine plantations of Chernihiv Polissya. Scientific Bulletin of UNFU, 22.14, 74–79 (in Ukrainian).
- Maurer, V. M., & Kaidyk, O. Yu. (2016). Ekoadaptatsiynе reproduction of forests. Kyiv: RVC NUBiP of Ukraine (in Ukrainian).

- Mykhalkiv, V. M., Ananiev, P. P., Podkur, P. P., & Kuprina, N. P. (1991). Growth and development of poplar plantations of Kherson pulp and paper plant. *Arboriculture and agroforestry*, 83, 50–53 (in Ukrainian).
- Nehrutskiy, S. F. (1986). *Root sponge*. Moscow: Agropromizdat (in Russian).
- Odarchenko, I. S. (2017). *Agro-technological principles of plantation forest growing of poplar cultivars in conditions of Volyn Polissya and Opilia*. Candidate dissertation, NUBiP of Ukraine. Kyiv: Forest crops and phytomelioration (in Ukrainian).
- Odarchenko, I. S., & Maurer, V. M. (2016). Plantation forest poplar growing in non-steady conditions in the conditions of Ukrainian Polissya "Arboriculture and ornamental horticulture". *Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine*, 198, 169–175.
- Redko, H. Y. (1970). *Biology of poplars and their breeding in Ukraine*. Doctoral dissertation, Leningrad Forestry Academy. Leningrad: Forest cultures, selection and seed production (in Russian).
- Redko, H. Y. (1975). *Biology and culture of the poplars*. Leningrad (in Russian).
- Shchepotev, F. L. (1959). *Poplar culture*. Ukrainian Academy of Agricultural Sciences. Kharkiv (in Ukrainian).
- Shevchenko, S. V. (1958). *Poplars and its culture in the western regions of the Ukrainian SSR*. Lviv (in Ukrainian).
- Shylin, I. S. (2016). Peculiarities of the condition and growth of poplar cultivars in the phase of attachment on plantations of Volyn Polissya and Opilia. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26.1, 122–128 (in Ukrainian).
- Shylin, I. S., & Maurer, V. M. (2014). Current state and ways of intensification of plantation forest growth of poplars in Volyn. *Arboriculture and ornamental horticulture*. *Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine*, 198, 137–144 (in Ukrainian).
- Stoffel, R. *Short rotation woody crops - Hybrid poplar*. Minnesota Department of Natural Resources Forestry. Retrieved from https://www.forestry.umn.edu/sites/forestry.umn.edu/files/cfans_asset_356341.pdf

V. M. Maurer, O. Yu. Chemerskii, S. M. Dudarets, I. S. Odarchenko, A. S. Petlovyi, A. O. Deresh (2019). Features of rooting and growth of poplar cultivars' planted cuttings in conditions of fairly infertile oak site type of Kyiv Forest-Steppe zone. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2): 41-50. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.041>.

Within this research we substantiate the importance and relevance of plantation forestry in the context of the forest restoration process and effective use of land resources, intensification of forestry production. The attention was paid to the historical aspects of plantation forestry, when repeated attempts were made to create plantations of fast-growing species, including poplars, both in sparsely forested and industrially developed regions. The main purpose of the research is a preliminary expert assessment of the suitability of the tested poplar cultivars for plantation forestry in conditions of fairly infertile oak site type of the northern part of the Right-Bank Forest-Steppe zone based on features of rooting and growth of cultivars' planted cuttings in test plantations, starting with the phase of engraftment. We indicate that the program tasks research was carried out using the techniques commonly used in forestry and general scientific methods: analysis, synthesis, comparison and generalization of the collected scientific materials. The suitability of some poplar cultivars for cultivation in fairly infertile oak site type is evaluated by means of phytoindication method.

We have characterized the features of lignified cuttings' rooting and growth of one year-old planted cuttings of different poplar clones in test forest plantation in conditions of a wet fairly infertile oak site type of the Kyiv Forest-Steppe zone. We have carried out the preliminary expert scientifically based assessment of suitability of certain poplar cultivars of domestic and foreign breeding for the wet fairly infertile oak site type. We have determined that among the experimentally tested poplar cultivars in the conditions of the research region in the phase of engraftment, a better cuttings' rooting process and a more intensive growth of planted cuttings were demonstrated by clones 'Ijzer-5' and 'Ghoy'. Worse rooting was inherent to the clones 'I-214' and 'I-45/51', and slower growth of one year-old poplar planted cuttings was registered for clones Toropohritski, 'San Giorgio' and 'Blanc de Poitou'. A logical explanation of the revealed features is the specific regards of the mentioned cultivars to the soil fertility and moisture content, which shall be considered on the stage of plants selection for poplar plantations.

Keywords: *poplar, plantation forestry, forest plantations, cultivar, clone, lignified cuttings.*

Отримано : 01.03.2019 р.

ПРОГНОЗУВАННЯ ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕРЕВОСТАНІВ НА ОСНОВІ k -NN МЕТОДУ

В. В. Миронюк, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
докторант кафедри таксації лісу та лісового менеджменту,

А. М. Білоус, доктор сільськогосподарських наук, старший
науковий співробітник, завідувач кафедри таксації лісу та лісового
менеджменту,

П. П. Дячук, аспірант кафедри таксації лісу та лісового менеджменту,*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: victor.myroniuk@nubip.edu.ua

Дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є важливим джерелом додаткової інформації про параметри лісових насаджень, яку використовують під час інвентаризації лісів. Серед відомих технік, які дають змогу поєднати інформацію, одержану наземними та дистанційними методами, дуже поширеним став непараметричний метод відновлення пропущених значень – метод k найближчих сусідів (k -NN). Із метою дослідження ефективності цього методу за різної комбінації вхідних параметрів залучено матеріали експериментальної інвентаризації лісів на 141 вибіркових одиницях, де реалізовано принципи відбору дерев з імовірністю, пропорційною їхній кількості та розмірам. Дослідна територія розташована в центральній частині Київської області та має площу близько 56 км². Як джерело додаткової інформації використано три типи даних супутникової зйомки: 1) сезонні мозаїки супутникових знімків Landsat 8 OLI; 2) окрему сцену знімка SPOT 7; 3) часову серію спостережень PlanetScope. Ми встановили, що точність прогнозування сум площ поперечних перерізів дерев у насадженні для всіх типів даних ДЗЗ є вищою для реласкопічного методу наземної таксації деревостанів. Серед залучених спектральних даних менші помилки одержано для щільних часових серій супутникових спостережень Landsat та PlanetScope. При цьому виявлено, що значення темпорального розрізнення супутникових знімків для прогнозування сум площ перерізів дерев на 1 га є більшим, ніж їхнє просторове розрізнення. У роботі встановлено, що імплементація k -NN методу за $k = 1$, забезпечує збереження коваріації між змінними, тоді як збільшення величини k звужує діапазон мінливості таксаційних показників, особливо це стосується малих вибірок. Серед методів пошуку найближчих сусідів більшої точності досягнуто при застосуванні алгоритму Random Forest.

Ключові слова: вибірка інвентаризація лісу, кругові пробні площі, реласкопічна таксація, класифікація.

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник А. М. Білоус.

Актуальність. Упровадження дистанційного збору даних у практику лісової інвентаризації є однією з основних сучасних тенденцій розвитку лісооблікових методів. Дистанційні технології дали змогу зменшити витрати на проведення польових робіт і додали статистичним оцінкам просторову складову у вигляді карт, що відображають видовий склад лісів і розподіл окремих біофізичних параметрів деревостанів (сума площ перерізів, запас і біомаса). На цій основі базуються сучасні підходи стосовно оцінювання показників лісового фонду з використанням так званих модельних підходів, які вже достатньо апробовані в багатьох країнах на практиці. Тому актуальним є дослідження різноманітних технік прогнозування таксаційних показників на основі даних супутникової зйомки, серед яких добре відомим став метод найближчих сусідів – *k*-Nearest Neighbors (*k*-NN).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Непараметричний *k*-NN метод є інтуїтивно зрозумілою технікою прогнозування значень однієї або відразу кількох змінних, який виконується на основі подібності елементів у коваріаційному просторі ознак. Завдяки своїй простоті *k*-NN метод набув великого поширення в різних завданнях лісової інвентаризації: від відновлення пропущених значень у базах даних до картографування показників лісових насаджень і статистичного оцінювання параметрів лісового фонду (McRoberts, 2012). Поєднуючи результати таксації пробних площ, дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), а також іншу допоміжну інформацію, цей метод дає змогу доповнити недостатню кількість польових даних та істотно

підвищити точність оцінки показників лісового фонду не лише на рівні генеральної сукупності, а й на детальнішому рівні.

Техніка прогнозування таксаційних показників на основі пошуку найближчих сусідів широко апробована в лісовій інвентаризації. Найчастіше її використовують для прогнозування неперервних показників насаджень: запасу деревостану в цілому та за складовими елементами лісу (McRoberts, 2009a; Reese, Nilsson, Sandström, & Olsson, 2002), запасу ділової деревини (Bernier et al., 2010), компонентів наземної біомаси (Bilous et al., 2017; Latifi et al., 2015), сум площ перерізів дерев на 1 га та густоти деревостанів (Franco-Lopez, Ek, & Bauer, 2001; Hudak, Crookston, Evans, Hall, & Falkowski, 2008), середніх діаметра, висоти, віку та зімкнутості насаджень (McRoberts, Nelson, & Wendt, 2002; Mozgeris, 2008), верхньої висоти деревостанів (Packalén, Temesgen, & Maltamo, 2012), лісистості території (McRoberts, Liknes, & Domke, 2014). Досліджень, які стосуються дискретних показників, значно менше; це переважно методи картографування типів земного покриття або специфічних для деяких країн характеристик лісових ділянок (Franco-Lopez et al., 2001; Naaranen, Ek, Bauer, & Finley, 2004), груп лісових насаджень залежно від їхнього видового складу (Beaudoin et al., 2014).

Останнім часом у літературі досить часто розглядають питання впливу конфігурації пробних ділянок на точність інвентаризації лісів за *k*-NN методу. Зазвичай для цього застосовують вибіркові одиниці фіксованої площі. Дослідження фінських учених вказують, що точність дешифрування окремих параметрів

лісових насаджень на основі кругових пробних площ постійного радіуса та комбінованих ділянок для даних лазерного сканування є приблизно однаковою (Maltamo, Korhonen, Packalen, Mehtatalo, & Suvanto, 2007). Згідно з останніми публікаціями (Tomppo, Kuusinen, Mäkisara, Katila, & McRoberts, 2017), перспективними для оцінки таксаційних показників дистанційними методами можуть бути кілька конфігурацій ділянок: кругові пробні площі радіусом 9 м; концентричні проби з поєднанням зовнішнього та внутрішнього радіусів відповідно 9,0 і 5,64 м; комбіновані ділянки з максимальним радіусом проби 9 м та реласкопічним коефіцієнтом $BAF = 1$. Технологія реласкопічної таксації, адаптована до відбору відповідних сигналів (пікселів) лазерного сканування, стала предметом нещодавніх досліджень німецьких учених (Kirchhoefer, Schumacher, Adler, & Kändler, 2017). У результаті опрацьовано методу, яка дає змогу узгодити сигнали лазерного сканування з відповідним деревами, які були обліковані на пробі.

Отже, ефективне використання даних наземних і дистанційних вимірювань зумовлює необхідність розгляду додаткових питань стосовно технології статистичної інвентаризації лісів. Оптимальні параметри вибірових одиниць під час оцінки таксаційних показників лісових насаджень за цими методами можуть відрізнятися. Зокрема, зазначене стосується розміру та конфігурації пробних ділянок, адже наземна вибіркова одиниця має адекватно характеризувати відповідну ділянку супутникової знімка.

Мета дослідження полягає у діагностиці k -NN методу прогнозування

таксаційних показників лісових насаджень залежно від конфігурації пробних ділянок і різних типів супутникової інформації.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження базується на дослідному матеріалі, зібраному впродовж 2017–2018 рр. на території ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція». Експериментальний полігон загальною площею близько 56 км² розташований у Київській області між значеннями довготи 30° 00' Сх та 30° 12' Сх і широти 50° 12' Пн та 50° 20' Пн. Відповідно до даних базового лісовпорядкування підприємства 2017 р. територія на 92 % представлена лісовими насадженнями з переважанням сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) – 92 %, дуба звичайного (*Quercus robur* L.) – 6 %. Решту вкритих лісовою рослинністю ділянок займають деревостани м'яколистяних деревних видів, передусім вільхи клейкої (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth) та берези повислої (*Betula pendula* Roth.). Як другорядні до складу лісових насаджень входять такі деревні види, як осика (*Populus tremula* L.), дуб червоний (*Quercus rubra* L.), робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.) та липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.). У віковому відношенні на території переважають лісові культури VI–IX класів віку, хоча частка насаджень віком понад 100 років також достатньо значна і становить близько 20 %. Максимальний вік природних деревостанів досягає 200 років. Завдяки сприятливим умовам продуктивність сосняків у межах експериментального полігону характеризується переважно 1^а і 1^б класами бонітету.

Територіальну основу вибірки утворює регулярна мережа вибірових одиниць, розташованих серед вкритих

лісовою рослинністю ділянок з інтервалом 1' за широтою та довготою. Під час збору дослідних даних практикувалося два принципи таксації лісу – відбір, пропорційний кількості дерев (кругові проби фіксованої площі) та розмірам дерев (реласкопічні перелічувальні ділянки). Кругові ділянки радіусом 12,62 м закладалися з використанням програмного комплексу Field-Map за методикою, що передбачає картографування та обмір облікових дерев. Кожне з них розглядалося як точка, спроектована в систему координат проєкцій EPSG:32636. Одночасно з цим виконували облік дерев на реласкопічних площадках, використовуючи спільний центр і реласкопічний коефіцієнт $BAF = 1$. Для всіх облікових дерев вимірювали діаметри дерев на висоті 1,3 м. У модельних дерев (приблизно $\frac{1}{4}$ від загальної кількості) додатково вимірювали висоту стовбура. В камеральних умовах на основі координат облікових дерев були обчислені відстані до кожного з них від центра ділянки. Це дало змогу розглядати дві додаткові схеми відбору (табл. 1) – концентричні пробні площі та комбіновані ділянки (поєднання кругової та реласкопічної вибірки). Результати таксації деревостанів одержано на 141 пробах кожної конфігурації.

Як джерело дистанційних даних використано супутникові знімки відразу трьох сенсорів: Landsat 8 OLI, SPOT 7 і PlanetScope. За своїм характером це достатньо різнопланові дані. Знімки Landsat являють собою часову серію супутникових спостережень із просторовим розрізненням 30×30 м, одержану протягом 2014–2016 рр. Їх поєднано за принципом відбору «найбільш зеленого» пікселя у три композитні мозаїки для таких сезонів: квітень–жовтень, літо та осінь

(Myroniuk, 2018). У дослідженні розглянуто 36 змінних, доцільність використання яких було обґрунтовано на етапі опрацювання класифікаційної моделі Random Forest (Myroniuk, 2017). Класичний варіант дистанційного зондування представлений супутниковим знімком SPOT 7, який одержано 9 серпня 2015 р. В аналізі використано три наявні спектральні канали видимого та один ближнього інфрачервоного діапазонів із розміром пікселя 6×6 м, які приведено до значень відбиття на сенсорі. Геометричну корекцію знімка виконано з використанням значень RPC коефіцієнтів, що постачалися зі знімком. Крім цього, на території експериментального полігону створено часову серію спостережень з ортотрансформованих знімків PlanetScope із просторовим розрізненням 3,125 м рівня обробки Analytic (Planet Team, 2017). Два з них відображають стан території у весняний період – 21 квітня та 5 травня 2018 р., а ще два – літній (21 червня та 26 серпня 2018 р.). Таким чином досліджували часову серію спостережень у блакитному, зеленому, червоному та ближньому інфрачервоному діапазонах (усього 16 спектральних каналів).

Відповідно до термінології k -NN методу, багатовимірний вектор залежних змінних позначають як Y . Його утворюють n спостережень вибірки з кінцевої популяції обсягом N . Вектор допоміжних змінних, представлений спостереженнями для всіх елементів популяції, позначають як X . Ці змінні утворюють n -вимірний простір – простір ознак. Вибіркові одиниці, для яких доступні як значення відгуку (відгуків), так і незалежних змінних, формують опорний набір даних. Відповідно, цільовий

набір утворюють елементи популяції, для яких необхідно виконати прогноз відгуку (відгуків). Для неперервних показників значення залежної змінної для i -го цільового елемента популяції розраховують за формулою (1):

$$\tilde{y}_i = \sum_{j=1}^k w_{ij} y_j^i, \quad (1)$$

де y_j^i – набір значень досліджуваних змінних для елементів опорного набору даних, які є найближчими або найбільш схожими до i -го елемента цільового набору в просторі ознак із урахуванням відповідної міри відстані d_{ij} ($j = 1, 2, 3 \dots, k$); w_{ij} – ваговий коефіцієнт, який призначають j -му найближчому сусіду з урахуванням умови, що .

Із наведеної формули випливає, що застосування k -NN методу потребує розгляду трьох питань: 1) вибору міри відстані; 2) визначення схеми зважування відстаней; 3) встановлення кількості сусідів . Утім, першочергове значення для цього методу має технологія збору даних, яку характеризують розмір та форма первинних одиниць вибірки, просторове розрізнення супутникових знімків. Зазначені параметри формують передумови прогнозування значень таксаційних показників за даними ДЗЗ.

Найпростішою та інтуїтивно зрозумілою мірою відстані є Евклідова (EUC) відстань. Оптимізацію розрахунків при цьому виконують тільки вибором доречних змінних, який може бути покрововим (Chirici, McRoberts, Fattorini, Mura, & Marchetti, 2016) або здійснюватися за допомогою генетичного алгоритму (Tomppo & Halme, 2004). Під час обробки даних за k -NN методом можливі й інші міри відстаней між найближчими «сусідами», які обчислюють за результатами каноніч-

ного кореляційного аналізу (MSN), канонічного кореспонденс-аналізу (GNN), компонентного аналізу (ICA). Усі вони реалізовані у спеціальному статистичному пакеті *yaImpute* для системи R (Crookston & Finley, 2008). Серед можливих варіантів пошуку найближчих сусідів розробники пакета додатково реалізували один з алгоритмів машинного навчання – Random Forest (RF), якому приділяють велику увагу останнім часом (Breiman, 2001).

Більшість публікацій свідчить, що основним критерієм діагностики k -NN методу має бути запас деревостанів або сума площ перерізів дерев на 1 га (McRoberts, 2009b; Tomppo et al., 2017). З практичного погляду в основу обґрунтування технології дистанційної оцінки таксаційних показників лісових насаджень доречно покласти суму площ перерізів. Це пояснюється кількома факторами: тісним взаємозв'язком зазначених таксаційних показників; сума площ поперечних перерізів обчислюється безпосередньо, тому оцінка помилок є простішою і не залежить від методу визначення запасу. Отже, в дослідженні розглядали вектор Y_j , утворений значеннями сум площ перерізів дерев на 1 га, та вектор X_j із відповідними спостереженнями для i -го пікселя у просторі спектральних ознак j -го сенсора. Для того щоб досягти узгодження між розміром пікселя Landsat 8 OLI та інших сенсорів, для кожного центрального пікселя показники відбиття усереднювалися у вікні розміром 9×9 пікселів – для сенсора PlanetScope та 5×5 пікселів – SPOT 7.

Результати дослідження та їх обговорення. Методика польових досліджень дала змогу розглядати

чотири типи пробних ділянок: фіксованої площі (F 1262–8, N 564–12), реласкопічних (AC-1) та комбінованих (TA 1262–1) проб (табл. 1).

Дослідження виконували у статистичному пакеті *yaImpute* для системи R (Crookston & Finley, 2008)». Вплив конфігурації пробних площ на величину середнього квадратичного відхилення між фактичними та прогнозними значеннями таксаційних показників (RMSD) аналізували за базової імплементації *k*-NN методу, яка передбачає використання Евклідової відстані та *k* = 1 (табл. 2). Розрахунок здійснювали за формулою (2):

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2} \quad (2)$$

де $(y_i - \tilde{y}_i)^2$ – відхилення між змодельованими та встановленими на пробі значеннями відгуку; *n* – обсяг вибірки.

Точність прогнозування сум площ поперечних перерізів на основі всіх типів даних ДЗЗ виявилася найвищою для реласкопічного методу таксації. На нашу думку, цей факт можна пояснити методикою відбору дерев повнотоміром: до вибірки з більшою ймовірністю потрапляють дерева більших розмірів, вони визначають параметри

зображення деревостану «зверху», а отже, дані на реласкопічних пробах тісніше корелюють із спектральними показниками супутникових знімків. Таку особливість, а саме, залежність мінливості оцінок показників лісових насаджень від того, наскільки тісно вони пов'язані з параметрами верхнього ярусу насаджень, виявлено в дослідженнях Ohmann, Gregory & Roberts (2014). Під час визначення сум площ за даними різних сенсорів спостерігається істотна перевага часових серій супутникових спостережень. Найбільші помилки за всіх конфігурацій пробних ділянок одержані за окремим знімком SPOT 7, тоді як найбільшу точність забезпечила обробка часової серії знімків PlanetScope.

Вибір величини *k* є суб'єктивним рішенням, яке приймають на основі багатьох факторів. Коректніше у цьому відношенні спрацюють малі значення *k*, які дають змогу зберегти коваріацію між різними показниками вибірки та перенести її на цільовий набір даних (Hudak et al., 2008; McRoberts et al., 2002). Через те, що *k*-NN метод з однаковим успіхом можна використовувати як для прогнозування значень окремого параметра, так і набору показників, з'являються два аспекти цього питання:

1. Параметри конфігурацій пробних ділянок

Шифр конфігурації вибіркових ділянок*	Параметри вибіркових одиниць				
	основна проба			підпроба	
	радіус проби, м	діаметр облікових дерев, см	BAF	радіус підпроби, м	діаметр облікових дерев, см
F 1262–8	12,62	≥ 8,0	–	–	–
N 564–12	12,62	≥ 12,0	–	5,64	6,0–11,9
TA 1262–1	12,62	≥ 8,0	1	–	–
AC-1	–	≥ 8,0	1	–	–

* F – кругові пробні площі постійного радіуса; N – концентричні проби; TA – комбіновані ділянки; AC – реласкопічні пробні площі.

2. Величина оцінки сум площ перерізів дерев на 1 га за різних конфігурацій пробних ділянок і даних ДЗЗ, м²·га⁻¹

Сенсор	Шифр конфігурації пробних ділянок			
	F 1262–8	N 564–12	TA 1262–1	AC-1
PlanetScope	11,6	11,6	11,7	9,2
SPOT 7	11,2	11,2	11,4	10,4
Landsat 8 OLI	10,1	10,0	10,2	9,7

збереження просторової семіваріації однієї змінної або коваріації між різними показниками. У першому випадку найінформативнішим є побудова емпіричної семіваріограми зі встановленим просторовим лагом, яку необхідно порівняти з аналогічною, побудованою на підставі прогнозних значень (McRoberts, 2009b). Якщо відразу прогнозують кілька показників, доречнішим стане аналіз коваріації (3) між парами різних змінних:

$$\text{Cov}(y_p, y_q) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{pi} - \bar{y}_p)(y_{qi} - \bar{y}_q), \quad (3)$$

де p, q – позначення векторів двох змінних; $\bar{y}_p, \bar{y}_q$ – відповідно середні арифметичні значення спостережень для p -ї та q -ї змінної; n – обсяг вибірки.

Якість прогнозу оцінюють на основі відношення коваріації між фактичними та модельними значеннями показників. Спочатку k -NN метод реалізується за $k = 1$ із залученням різних сусідів i -го порядку, наприклад, $i=1,5,10 \dots n$. Якщо на якомусь з етапів відношення коваріації істотно змінилося щодо $k = 1$, слід очікувати значного порушення коваріаційної структури між змодельованими показниками.

Для дослідження впливу різної кількості найближчих сусідів на якість прогнозу до значень сум площ перерізів дерев, встановлених на реласкопічних пробних (AC-1) ділян-

ках, додано відповідні оцінки їхньої густоти. На основі цих показників обчислено середній діаметр деревостанів (4), який за даними натурної таксації 141 пробних ділянок становить 33,2 см:

$$D = 200 \cdot \sqrt{\frac{G}{\pi \cdot N}}, \quad (4)$$

де G – сума площ перерізів дерев на 1 га, м²; N – кількість дерев на 1 га, шт.

Отже, поряд з аналізом відношення коваріації змінних за різної кількості найближчих сусідів, порівнювалося середнє значення діаметра деревостанів (табл. 3).

У нашому випадку використано стандартне зважування відстаней, яке базується на рівнянні (5) при $t=1$:

$$w_{ij} = \frac{d_{ij}^{-t}}{W_i} = \frac{d_{ij}^{-t}}{\sum_{j=1}^k d_{ij}^{-t}}, \quad (5)$$

де k – кількість найближчих сусідів; t – дійсне число більше ніж 0 ($t=2$).

Порівняння відношень коваріації між сумами площ перерізів і кількістю дерев на 1 га свідчить, що коваріація зберігається для k -NN методу тільки за $k=1$. Це має важливе значення за одночасного прогнозування кількох змінних, адже такий варіант методу унеможливує появу нетипових співвідношень між значеннями таксаційних показників. Зазначене стосується показників, які обчислю-

3. Відношення коваріацій між фактичними і змодельованими значеннями таксаційних показників та оцінки середнього діаметра деревостанів за різної кількості найближчих сусідів (дані Landsat 8 OLI, метод EUC)

k	$k = 1$		$k > 1$	
	відношення коваріації	середній діаметр, см	відношення коваріації	середній діаметр, см
1	0,92	33,5	–	–
2	1,39	33,5	2,76	31,6
3	1,05	33,5	4,36	31,2
4	1,15	33,5	5,11	31,0
5	1,19	33,5	6,36	30,7
6	1,01	33,5	7,55	30,5
7	0,99	33,5	9,51	30,5
8	1,15	33,5	12,1	30,5
9	1,00	33,5	14,1	30,4
10	1,27	33,5	15,6	30,4

ються на підставі інших, як-от середнього діаметра насаджень. Якщо $k > 1$, середній діаметр точніше оцінюється за незначної кількості найближчих сусідів. У разі збільшення їхньої кількості від 2 до 10, істотно порушується співвідношення між значеннями сум площ перерізів і кількістю дерев на 1 га, про що свідчить збільшення відношень коваріації до 15,6.

Все ж, окрім прагнення перенести вихідну коваріаційну структуру між змінними у вибірці на цільовий набір даних, необхідно також орієнтуватися на точність k -NN методу, яку визначає середнє квадратичне значення відхилень між фактичними і змодельованими значеннями змінної. Зазвичай, при збільшенні кількості найближчих сусідів величина зменшується (рис. 1). Звідси випливає додаткове завдання: як знайти компроміс між різними параметрами, що визначають якість прогнозу. Вибір кількості сусідів здійснюють експериментальним шляхом, намагаючись зменшити величину середньоквадратичного відхилення.

Відповідно до представлених даних, величина k у діапазоні від 6 до 10 забезпечує найменші середні квадратичні помилки визначення суми площ перерізів дерев на 1 га для всіх знімальних систем. Візуально простежується, що більшим значенням k відповідають менші помилки RMSD, однак доцільність їх використання є сумнівною. У цьому можна переконатися, порівнявши співвідношення між фактичними та змодельованими значеннями сум площ перерізів за $k = 1$ та $k = 9$ (рис. 2).

На основі аналізу одержаних результатів за знімками Landsat 8 OLI, SPOT 7 та PlanetScope, можна зробити певні висновки про вплив просторового розрізнення супутникових знімків та інформації про сезонний стан рослинності на точність k -NN методу. З даних рис. 1 випливає, що значення часових серій супутникових спостережень для прогнозування суми площ перерізів істотно більше, ніж просторове розрізнення знімків. Оцінка значень цього показника на підставі окремої сцени SPOT 7 по-

ступається точністю як за серією супутникових знімків PlanetScope, так і сезонними мозаїками Landsat 8 OLI. При цьому, не простежується суттєвої переваги даних комерційних сенсорів PlanetScope, які майже в 30 разів детальніші від знімків Landsat. Звідси випливає більша економічна доцільність інвентаризації великих територій із використанням часових серій безкоштовних супутникових знімків Landsat 8 OLI (Hou et al., 2018).

Графічний аналіз дає змогу зробити висновок, що, збільшуючи кількість сусідів, на основі яких здійснюють прогнозування досліджуваного показника за k -NN методом, істотно обмежують діапазон мінливості його значень. У разі обробки сезонних мозаїк Landsat 8 OLI метод обчислення відстаней EUC забезпечує найменшу помилку $RMSD=7,1 \text{ м}^2$ за $k=9$, що на $2,6 \text{ м}^2$ менше, ніж за $k=1$. Проте ця перевага може проявлятися лише під час оцінки середнього значення сум площ перерізів дерев на 1 га або за наявності великого обсягу навчальної вибірки. Цілком очевидно, що для коректного прогнозування

значень, які перебувають на краях факторного простору, необхідно забезпечити достатню кількість спостережень, інакше оцінки найменших значень будуть завищеними, а найбільших – навпаки, заниженими. Для відтворення просторового розподілу значень досліджуваного показника, перевагу варто віддати варіантам із меншим значенням k . Зокрема, найбільше узгодження фактичних і модельних значень спостерігається у варіанті з одним найближчим сусідом. При цьому фактичні та прогнозні значення сум площ перерізів рівномірно розподіляються навколо лінії 1 : 1, а це вказує, що немає систематичної помилки (рис. 2).

Ми виявили, що найменші значення помилки для всіх конфігурацій пробних ділянок забезпечує алгоритм RF. Порівняння точності прогнозування сум площ перерізів на 1 га за сезонними мозаїками Landsat 8 OLI на основі різних методів пошуку найближчих сусідів наведено в табл. 4.

Прогноз значень на основі методу RF є незміщеним для всіх конфігурацій пробних ділянок, зокрема

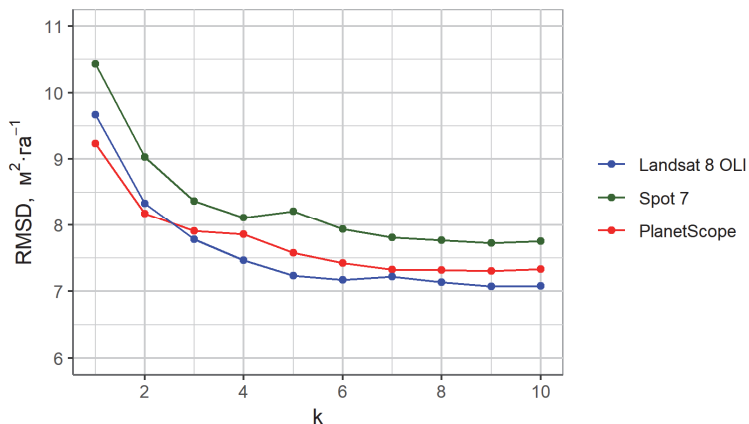


Рис. 1. Залежність величини помилки для різних сенсорів від різної кількості сусідів k (метод EUC)

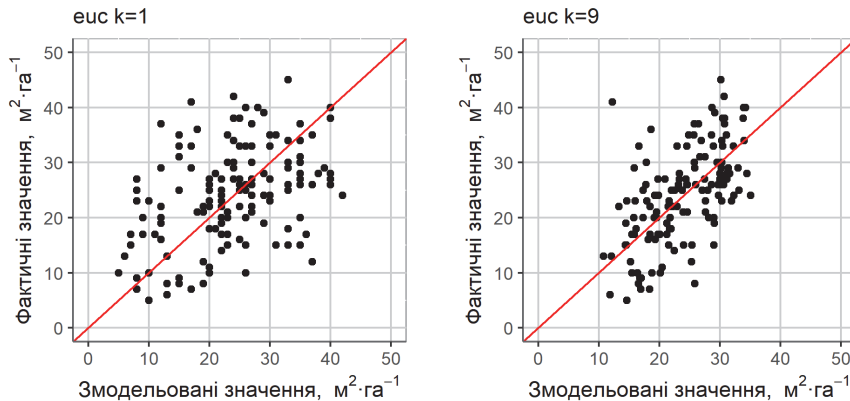


Рис. 2. Співвідношення між фактичними (АС-1) і змодельованими значеннями сум площ перерізів дерев (дані Landsat 8 OLI, метод EUC)

кругових ділянок фіксованої площі. Середні квадратичні відхилення між фактичними та прогнозними значеннями сум площ перерізів дерев на 1 га за методу RF є систематично меншими, ніж інші способи пошуку найближчих сусідів за $k=1$. Аналогічної точності вони досягають лише при збільшенні величини k , однак при цьому оцінки екстремальних значень стають зміщеними (рис. 2). Отже, для всіх конфігурацій пробних ділянок (крім АС-1) метод RF перевершує інші підходи до вибору найближчих сусідів.

Висновки і перспективи. Сучасні риси статистичної інвентаризації лісів визначають такі поняття, як те-

риторіальна основа вибірки, інтенсивність вибірки конфігурація пробних ділянок. Утім, упровадження технологій ДЗЗ вимагає врахування додаткових параметрів вибіркового методу обліку лісів. Проведені дослідження дають змогу зробити низку важливих висновків, які сприяють удосконаленню науково-методичного рівня лісової інвентаризації.

Першочергове значення для обліку лісів на основі дистанційних методів досліджень мають форма та розмір первинних одиниць вибірки. Відповідно до одержаних результатів, реласкопічний метод таксації лісу забезпечив найвищу точність прогнозування таксаційних показ-

4. Порівняння величини помилки при пошуку найближчих сусідів для прогнозу сум площ перерізів дерев на основі методу RF та інших мір відстаней за $k=1$, $\text{м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$ (дані Landsat 8 OLI)

Конфігурація пробних ділянок	Метод пошуку відстані				
	EUC	MAL	MSN	GNN	RF
F 1262–8	10,1	10,8	10,9	13,0	6,4
N 564–12	10,0	10,8	10,8	13,0	6,4
TA 1262–1	10,2	11,0	10,9	13,2	6,6
АС-1	9,7	9,4	8,4	10,9	8,6

ників лісових насаджень на основі k -NN методу. Ми виявили, що фізичний розмір пікселя супутникових знімків менше позначається на точності k -NN методу, ніж темпоральне розрізнення. При цьому найбільшій точності було досягнуто при використанні щільних часових серій супутникових знімків Landsat 8 OLI, які перебувають у відкритому доступі. Метод пошуку найближчих сусідів за алгоритмом RF виявився найдосконалішим, забезпечуючи меншу величину випадкової помилок за збереження коваріаційної структури вибірки. Остання умова для інших мір відстані забезпечується тільки за $k = 1$, а збільшення величини k зумовлює систематичні помилки для екстремальних спостережень.

Список літератури

- Beaudoin, A., Bernier, P. Y., Guindon, L., Villemaire, P., Guo, X. J., Stinson, G., ... Hall, R. J. (2014). Mapping attributes of Canada's forests at moderate resolution through k NN and MODIS imagery. *Canadian Journal of Forest Research*, 44 (5), 521–532. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0401>
- Bernier, P. Y., Daigle, G., Rivest, L.-P., Ung, C.-H., Labbé, F., Bergeron, C., & Patry, A. (2010). From plots to landscape: A k -NN-based method for estimating stand-level merchantable volume in the Province of Québec, Canada. *The Forestry Chronicle*, 86 (4), 461–468. <https://doi.org/10.5558/tfc86461-4>
- Bilous, A., Myroniuk, V., Holiaka, D., Bilous, S., See, L., & Schepaschenko, D. (2017). Mapping growing stock volume and forest live biomass: a case study of the Polissya region of Ukraine. *Environmental Research Letters*, 12 (10), 13. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8352>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45 (1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/a:1010933404324>
- Chirici, G., McRoberts, R. E., Fattorini, L., Mura, M., & Marchetti, M. (2016). Comparing echo-based and canopy height model-based metrics for enhancing estimation of forest aboveground biomass in a model-assisted framework. *Remote Sensing of Environment*, 174, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.010>
- Crookston, N. L., & Finley, A. O. (2008). yalmpute : An R Package for k NN Imputation. *Journal of Statistical Software*, 23 (10). <https://doi.org/10.18637/jss.v023.i10>
- Franco-Lopez, H., Ek, A. R., & Bauer, M. E. (2001). Estimation and mapping of forest stand density, volume, and cover type using the k -nearest neighbors method. *Remote Sensing of Environment*, 77 (3), 251–274. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00209-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00209-7)
- Haapanen, R., Ek, A. R., Bauer, M. E., & Finley, A. O. (2004). Delineation of forest/nonforest land use classes using nearest neighbor methods. *Remote Sensing of Environment*, 89 (3), 265–271. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.10.002>
- Hou, Z., McRoberts, R. E., Ståhl, G., Packalen, P., Greenberg, J. A., & Xu, Q. (2018). How much can natural resource inventory benefit from finer resolution auxiliary data? *Remote Sensing of Environment*, 209, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.039>
- Hudak, A. T., Crookston, N. L., Evans, J. S., Hall, D. E., & Falkowski, M. J. (2008). Nearest neighbor imputation of species-level, plot-scale forest structure attributes from LiDAR data. *Remote Sensing of Environment*, 112 (5), 2232–2245. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.10.009>
- Kirchhoefer, M., Schumacher, J., Adler, P., & Kändler, G. (2017). Considerations towards a Novel Approach for Integrating Angle-Count Sampling Data in Remote Sensing Based Forest Inventories. *Forests*, 8 (7), 239. <https://doi.org/10.3390/f8070239>
- Latifi, H., Fassnacht, F. E., Hartig, F., Berger, C., Hernández, J., Corvalán, P., & Koch, B. (2015). Stratified aboveground forest biomass estimation by remote sensing data.

- International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 38, 229–241. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.01.016>
- Maltamo, M., Korhonen, K., Packalen, P., Mehtatalo, L., & Suvanto, A. (2007). Testing the usability of truncated angle count sample plots as ground truth in airborne laser scanning-based forest inventories. *Forestry*, 80 (1), 73–81. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpl045>
- McRoberts, R. E. (2009a). A two-step nearest neighbors algorithm using satellite imagery for predicting forest structure within species composition classes. *Remote Sensing of Environment*, 113 (3), 532–545. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.001>
- McRoberts, R. E. (2009b). Diagnostic tools for nearest neighbors techniques when used with satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 113 (3), 489–499. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.06.015>
- McRoberts, R. E. (2012). Estimating forest attribute parameters for small areas using nearest neighbors techniques. *Forest Ecology and Management*, 272, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.039>
- McRoberts, R. E., Liknes, G. C., & Domke, G. M. (2014). Using a remote sensing-based, percent tree cover map to enhance forest inventory estimation. *Forest Ecology and Management*, 331, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.025>
- McRoberts, R. E., Nelson, M. D., & Wendt, D. G. (2002). Stratified estimation of forest area using satellite imagery, inventory data, and the k-Nearest Neighbors technique. *Remote Sensing of Environment*, 82 (2–3), 457–468. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00064-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00064-0)
- Mozgeris, G. (2008). Estimation and Use of Continuous Surfaces of Forest Parameters: Options for Lithuanian Forest Inventory. *Baltic Forestry*, 14 (2), 9.
- Myroniuk, V. (2017). Variable selection in the context of forest cover mapping using seasonal Landsat mosaics. *Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 278, 66–76 (in Ukrainian).
- Myroniuk, V. (2018). Forest cover mapping using Landsat-based seasonal composited mosaics. *Scientific Bulletin of NFWU of Ukraine*, 28 (1), 28–33 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40280105>
- Ohmann, J. L., Gregory, M. J., & Roberts, H. M. (2014). Scale considerations for integrating forest inventory plot data and satellite image data for regional forest mapping. *Remote Sensing of Environment*, 151, 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.048>
- Packalén, P., Temesgen, H., & Maltamo, M. (2012). Variable selection strategies for nearest neighbor imputation methods used in remote sensing based forest inventory. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 38 (5), 557–569. <https://doi.org/10.5589/m12-046>
- Reese, H., Nilsson, M., Sandström, P., & Olsson, H. (2002). Applications using estimates of forest parameters derived from satellite and forest inventory data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37 (1–3), 37–55. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00118-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00118-7)
- Tomppo, E., & Halme, M. (2004). Using coarse scale forest variables as ancillary information and weighting of variables in k-N-N estimation: a genetic algorithm approach. *Remote Sensing of Environment*, 92 (1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.04.003>
- Tomppo, E., Kuusinen, N., Mäkisara, K., Katila, M., & McRoberts, R. E. (2017). Effects of field plot configurations on the uncertainties of ALS-assisted forest resource estimates. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(6), 488–500. <https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1259425>

V. V. Myroniuk, A. M. Bilous, P. P. Diachuk (2019). Predicting forest stand parameters using the k-NN approach. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2): 51-63. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.051>.

Remote sensing (RS) data is a key source of auxiliary information on forest stand parameters used in forest inventory. Among the modern techniques that allow coupling ground truth and RS derived information, the nonparametric k-Nearest Neighbors (k-NN) approach has been widely used for imputing missing values in forest inventory data. In order to evaluate the effectiveness of the approach using different predictors and input parameters, we used experimental data collected in local forest inventory conducted in middle part of Kyiv region (Ukraine). The data consist of 141 sample plots distributed systematically within the forested area of about 56 km². Sample trees were selected using two different approaches – using sampling with probability proportional to the tree sizes and stands density. As an auxiliary dataset, we incorporated three sources of spectral information that represents different types of RS: 1) the seasonal mosaics of Landsat 8 OLI imagery; 2) one scene of SPOT 7 image; 3) time series of PlanetScope observations. All spectral data were orthorectified and radiometrically calibrated to top of atmosphere reflectance. We concluded that the accuracy of prediction of basal areas for all types of RS is higher for angle-counting plots. We refer this fact to the technique of tree selection since trees of bigger sizes are likely selected by relascope. These trees reflect parameters of forest overstory scanned by RS sensors. Among used satellite imagery, dense time series of Earth observations showed better agreement between the reference and predicted values of basal area per hectare. Thus, we concluded that pixel size is less important in case of predicting forest parameters compared to the temporal resolution of RS data. According to our findings, the $k = 1$ implementation of the k-NN method works better when preservation of covariance between variables is important while increasing the k value reduces their ranges. It was found that random forest was the most accurate nearest neighbors search routine for the k-NN method.

Keywords: sample-based forest inventory, fixed-area plots, angle-count sampling, classification.

Отримано : 18.11.2018 р.

МЕРЕЖА ШТУЧНИХ ЗАПОВІДНИХ ПАРКІВ БАСЕЙНУ ДНІСТРА У ТРАНСРЕГІОНАЛЬНОМУ ВИМІРІ

С. Ю. Попович, доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри ландшафтної архітектури та фітодизайну,
А. С. Власенко, кандидат біологічних наук,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: s_porovych@nubip.edu.ua

Описано формування мережі штучних заповідних парків у басейні Дністра, яке відбувалося упродовж трьох етапів: 1) XVII ст. – 1917 р.; 2) 1918–1990 рр.; 3) 1991 р. – донині. Інтенсивний її розвиток спостерігався у XVIII (близько 20 об'єктів) та XIX (близько 30 об'єктів) ст. Минуле XX ст. вирізнялося масовим заповіданням та уточненням заповідного статусу для раніше створених парків, зокрема під їхнього заповідання припав на 1960–1980-ті рр. Сучасну мережу штучних заповідних парків представлено 128 об'єктами, з яких сім ботсадів, 18 дендропарків, 100 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва і три зоопарки. Вони разом займають 3315,0 га. Найвищу категоріальну (чотири категорії) та об'єктну (відповідно 57 і 23 парки) репрезентативність мають Львівська та Хмельницька області. Рівень категоріальної, об'єктної та адміністративно-територіальної репрезентативності, а також кількісний і якісний видовий склад локальних заповідних дендроекосозоофлор природно-географічних регіонів басейну Дністра відображає ступінь розвитку басейнової мережі штучних заповідних парків. За цими показниками найоптимальніше сформовано мережі штучних заповідних парків у зоні широколистяних лісів та Лісостепу України.

Ключові слова: історія заповідного паркобудівництва, штучні заповідні об'єкти, природно-географічні регіони.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Необхідність формування мережі природно-заповідного фонду України та загалом екомережі визначено як основами розвитку різних, насамперед природничих і природоохоронних, наук, так і багатьма державними директивними документами. Багато вчених вважають еко-

мережу, територіальну основу якої формує природно-заповідний фонд, запорукою екотопічної стабілізації природних ландшафтів. Тому в умовах глобального потепління клімату актуальною проблемою є стабілізація екоситуації, передусім у лісовому біомі. Для її вирішення зазвичай важливим є застосування басейнового

підходу, оскільки фактично у басейнах великих річок досі ще збереглися досить значні осередки біорізноманіття, в основному це лісові масиви природного і штучного походження.

Аналізу стану мереж природно-заповідного фонду різних рівнів територіальної організації присвячено багато наукових джерел. Однак більшість із них стосується територій та об'єктів загальнодержавного значення і адміністративних регіонів. Ми докладно проаналізували мережі природно-заповідного фонду, у тому числі штучних заповідних парків (далі – ШЗП), чотирьох природно-географічних регіонів рівнинної частини України: Лісостепу, Степу, Полісся та зони широколистяних лісів (Porovych & Vasylenko, 2009; Porovych, 2012; Porovych, 2016; Porovych, 2018; Porovych et al., 2018). Аналіз мережі ШЗП Українських Карпат здійснила Н. В. Михайлович (Mykhailovych, 2014). У науковій літературі меншою мірою проаналізовано мережі природоохоронних територій басейнів великих річок. Тому ми розвинули опис такої мережі за басейновим принципом для середньої частини Десни (Stetsenko & Porovych, 1995) і загалом для Дніпра (Porovych, 2003). Через це виникла потреба проаналізувати мережу ШЗП басейну Дністра як унікальної геоекосистеми України та Молдови.

Для молдовської сторони басейну Дністра характерні всі категорії ШЗП, які означено в Україні. Серед них найвизначнішими є ботанічний сад (далі – БС), дендрологічний парк (далі – ДП) і зоологічний парк (далі – ЗП) у м. Кишинів, Придністровський БС у м. Тирасполь, ДП у м. Бендери, а також багато пам'яток садово-паркового мистецтва, серед яких близько 10 (Вілла

Миндик, Парк імені Горького у м. Бендери, Парк у м. Бельці, Парк «Штефан чел Маре», Садиба Карабета Баліоза, Цауль та інші) визначних і старовинних (Leontiak & Osypov, 2012).

Мета дослідження. Метою нашого аналізу було з'ясувати кількісні та якісні показники мережі ШЗП української частини басейну річки Дністер. Об'єктом досліджень стали БС, ДП, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва (далі – ППСІМ) та ЗП, а предметом досліджень – опис історії їх формування, тобто паркобудівництва, та оцінювання сучасного стану їхньої мережі у трансрегіональному вимірі, а також виявлення категоріальних та зональних особливостей мережі ШЗП в означеному регіоні.

Матеріали і методи дослідження. Для отримання кількісних і якісних показників про мережу ШЗП було використано загальнонаукові методи досліджень, а саме бібліографічний пошук, аналіз, синтез, порівняння та системний підхід. Для виокремлення періодизації формування мережі ШЗП застосовано науково-історичний метод і хронологічний підхід. Натомість для з'ясування сучасного стану мережі ШЗП на ландшафтній карті природно-заповідного фонду України (М 1:750000) окреслили басейн Дністра, у межах якого склали список об'єктів. Їхні площі уточнювали згідно з довідником (Leonenko et al., 2003) та електронними базами даних адміністративних областей. Також використано відомості з інших багатьох довідкових, реєстрових, кадастрових та електронних інформаційних джерел. Аналіз потребував й арифметичного опрацювання показників кількості ШЗП, їхніх площ, а також виведення категоріальних і зональних показників, що досі не публікувалося.

Результати дослідження та їх обговорення. Для з'ясування основних віх паркобудівництва, заповідання найвизначніших охоронних парків і формування їхньої мережі було застосовано схему побудови хронологічних подій, у результаті виокремлено три узагальнені періоди, які наведено нижче.

I період (XVII ст. – 1917 р.). Упродовж *XVII ст.* на Львівщині засновано два нинішні парки з назвою «Парк XVII століття» (обидва мають заповідний статус ППСМ: 1984 р.), а також «Парк курорту Великий Любін» (заповідний статус ППСМ: 1984 р.) і «Замковий парк» (заповідний статус ППСМ: 2011 р.).

Протягом *XVIII ст.* у приватних поміщицьких садибах проектували старовинні парки та сади, зокрема на Львівщині створено дев'ять нинішніх парків із назвою «Парк XVIII століття» (усі мають заповідний статус ППСМ: 1984 р.). На початку століття було закладено «Парк санаторію Роздол» (заповідний статус ППСМ: 1984 р.). Хронологію формування мережі інших парків цього століття викладено нижче: 1720 р. – родина Коритовських заклала Плотичкий парк на Тернопільщині (заповідний статус ППСМ: 1977, 2001 рр.); 1730 р. – розпочато формування Оброшинського парку на Львівщині (заповідний статус ДП: 1983, 1991 рр.); 1731–1744 рр. – створено Вишнівецький парк на Тернопільщині (заповідний статус ППСМ: 1960, 1972 рр.); 1760 р. – на Тернопіллі створено Раївський парк (заповідний статус ППСМ: 1960, 1972 рр.), де у цей час закладено Скала-Подільський парк у Тернопільській області (заповідний статус ППСМ: 1960, 1972 рр.); 1773 р. – створено «Єзуїтський город»

під нинішньою назвою «Парк імені Івана Франка» у м. Львові (заповідний статус ППСМ: 1984 р.); 1780 р. – засновано Антопільський парк на Вінниччині (заповідний статус ППСМ: 1960 р.); 1788 р. – Я. О. Орловський створив Малівецький палацово-парковий ансамбль на Хмельниччині (заповідний статус ППСМ: 1960, 1972 рр.); 1796 р. – на Галичині (Львівщина) організовано перший в Україні ЗП (заповідний статус із 1998 р.). Наприкінці XVIII ст. на основі природних лісових масивів Вінниччини заснували парки «Вікторія» (заповідний статус ППСМ: 1995 р.), «Жван» (заповідний статус ППСМ: 1995 р.) та Михайлівський (заповідний статус ППСМ: 1972, 1996 рр.), а на Хмельниччині – Отроківський (заповідний статус ДП: 2000 р.).

У XIX ст. процес створення та організації територій парків продовжився дещо інтенсивніше. Знову на Львівщині створено 11 нинішніх парків під назвою «Парк XIX століття» (усі мають заповідний статус ППСМ: 1984 р.). Хронологія формування мережі інших парків цього століття така: 1800 р. – заснували Більче-Золотецький парк на Тернопільщині (заповідний статус ППСМ: 1960, 1972 рр.); 1850 р. – заснували парк як основу нинішнього Кардамичівського ППСМ в Одеській області (заповіданий у 1960 р.); 1850–1851 рр. – у м. Львові створено БС (нині Львівського національного університету імені Івана Франка), проектування якого пов'язано з іменем К. Баурера (заповідний статус: 1963, 1972, 1983 рр.); у першій половині цього століття засновано Дербчинський (заповідний статус ППСМ: 1972, 1984 рр.) і Рахнянський (заповідний статус ППСМ:

1972, 1984 pp.) парки на Вінниччині;десь у середині століття на Хмельниччині закладено Михайлівський парк (заповідний статус ППСПМ: 1960, 1972 pp.); 1860-ті pp. – німецький ботанік і паркобудівник Д. Клігер створив Голозубинецький парк на Хмельниччині (заповідний статус ППСПМ: 1960, 1972 pp.), тоді ж закладено Вікнянський парк на Буковині (заповідний статус ППСПМ: 1984 pp.); 1862 р. – на залишках дендрарію Марцеліна Даровська заново заснувала Язловецький парк (заповідний статус ППСПМ: 2015 р.) на Тернопіллі; 1874 р. – створено БС нині Національного лісотехнічного університету України у м. Львові (заповідний статус БС: 1991 р.); 1876 р. (або 1879 р.) – інспектор із міського озеленення А. Рерінг заснував Стрийський парк у м. Львові (заповідний статус ППСПМ: 1960, 1972 pp.); 1886 р. – на основі природного лісового масиву був розбитий Немерчанський парк (заповідний статус ППСПМ: 1960 р.) на Вінниччині; 1894 р. – створили Личаківський парк у м. Львові з участю відомого паркового архітектора А. Рерінга (заповідний статус ППСПМ: 1984 р.). Окрім цього, у другій половині століття на Вінниччині засновано Федорівський парк (заповідний статус ППСПМ: 1972, 1984 pp.), а наприкінці століття створювали Олександрівський парк у Томашпільському районі (заповідний статус ППСПМ: 1969, 1972 pp.), Комаргородський парк (заповідний статус ППСПМ: 1972, 1984 pp., 1996 р.) і «Парк-садибу “Лугове”» (заповідний статус ППСПМ: 1984 р.).

На початку ХХ ст. активізувалася робота зі створення низки ШЗП. У цьому процесі були такі відомі події: 1905 р. – А. Рерінг заснував парк

«Залізна Вода» на Львівщині (заповідний статус ППСПМ: 1984 р.); 1910 р. – закладено дендрарій, який згодом став основою для створення «Дендропарку імені Бенедикта Дибовського» у м. Львові (заповідний статус ДП: 2010 р.); 1915 р. – створено парк «Пагорб Слави» у м. Львові (заповідний статус ППСПМ: 1984 р.).

На початку II періоду (1918–1990 pp.) у басейні Дністра особливо інтенсивного розвитку мережі ШЗП також не спостерігалось. У довоєнний час створено лише деякі природоохоронні об'єкти: 1925 р. – організовано Кам'янець-Подільський БС Подільського державного аграрно-технічного університету (заповідний статус: 1963, 1972, 1983 pp.); 1931 р. – заснували БС Львівського медичного національного університету імені Данила Галицького (заповідний статус: 1997 р.).

У післявоєнний час розгорталися такі головні природоохоронні події: 1956 р. – створено Гермаківський ДП на Тернопільщині (заповідний статус: 1983 р.); 1960 р. – закладено дендрарій при Бережанському лісництві на Тернопільщині, який згодом перетворено на ДП (заповідний статус: 1996 р.); заповідано 14 ШЗП, переважно ППСПМ; 1963 р. – заповідано БС Львівського національного університету імені Івана Франка та Кам'янець-Подільський БС Подільського державного аграрно-технічного університету; 1967 р. – В. Г. Корчемний у Тернопільській області заснував Хоростківський ДП (заповідний статус: 1972, 1980, 1983 pp.), тоді ж створено Рудківський ДП на Львівщині (заповідний статус: 1985 р.) та ДП «Високогірний» (заповідний статус: 1981, 1983 pp.) в Івано-Франківській області; 1969 р. – організовано шість ШЗП; 1970 р. – оголошено

два ШЗП; 1972 р. – заповідано вісім, а уточнено заповідний статус для 11 ШЗП; 1975 р. – заповідано лише один ППСМ у м. Хмельницький; 1977 р. – створено вісім ШЗП; 1975 р. – заповідано лише один ППСМ; 1980 р. – також заповідано лише один ППСМ «Влекруч-Негай» (найбільший за площею в регіоні) в Одеській області, для ще одного парку уточнено заповідний статус; 1983 р. – заповідано п'ять ДП, з яких три в Івано-Франківській області, уточнено статус для трьох ШЗП; 1984 р. – організовано 50 ШЗП, уточнено статус для чотирьох ШЗП; 1985 р. – заповідано Рудківський ДП на Львівщині та Олександрівський ППСМ у Жмеринському районі Вінницької області; 1988 р. – заповідано один ДП в Івано-Франківській області; 1990 р. – уточнено заповідний статус для чотирьох ППСМ.

У III періоді (1991 р. – донині) у межах дослідженого регіону так само не спостерігалось погравлення щодо розбудови мережі ШЗП. Назвемо основні хронологічні події цього

періоду: 1991 р. – заповідано БС Національного лісотехнічного університету України у м. Львові, прийнято рішення виконавчого комітету Тернопільської обласної ради від 26 грудня «Про створення Галицького ботанічного саду лікарських рослин “Поділля” науково-експериментального об'єднання державного медичного інституту», уточнено заповідний статус для Оброшинського ДП на Львівщині; 1993 р. – створено два ШЗП в Одеській та Івано-Франківській областях; 1994 р. – заповідано три ППСМ, з яких два у Хмельницькій області; 1995 р. – заповідано три ППСМ, з яких два у Вінницькій області; 1996 р. – заповідано п'ять ДП та один ППСМ, уточнено заповідний статус двох ППСМ; 1997 р. – заповідано БС Львівського медичного національного університету імені Данила Галицького та Підмихайлівський ЗП в Івано-Франківській області; 1998 р. – заповідано по одному ЗП у м. Кам'янець-Подільський та Львівській області; 2000 р. – у Хмельницькій області

1. Структура сучасної мережі штучних заповідних парків басейну Дністра

Категорії природно-заповідного фонду	Адміністративні області України, кількість/га							Усього
	Вінницька	Івано-Франківська	Львівська	Одеська	Тернопільська	Хмельницька	Чернівецька	
Ботанічні сади	–	–	3	–	2	2	–	7
	–	–	42,7	–	32,9	22,3	–	97,9
Дендрологічні парки	–	4	2	–	7	5	–	18
	–	124,0	64,0	–	89,7	51,7	–	329,4
Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва	13	3	51	3	12	15	3	100
	483,5	61,2	797,0	1003,0	99,9	420,9	9,7	2875,2
Зоологічні парки	–	1	1	–	–	1	–	3
	–	5,0	5,9	–	–	1,6	–	12,5
Разом	13	8	57	3	21	23	3	128
	483,5	190,2	909,6	1003,0	222,5	496,5	9,7	3315,0

рішенням обласної ради Отроківський ППСПМ реорганізували у ДП; 2001 р. – заповідано та уточнено статус для двох ППСПМ; 2005 р. – Кабінет Міністрів України прийняв розпорядження «Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми розвитку заповідної справи на період до 2020 року», проектом якої передбачалося створити Хмельницький БС (закладений у 2003 р.); окрім цього, заповідний статус отримав БС «Червона калина» на Тернопільщині; 2010 р. – заповідано ДП імені Бенедикта Дибовського у м. Львові; 2011 р. – офіційно заповідано старовинний ППСПМ «Замковий парк» на Львівщині; 2015 р. – на Тернопіллі Язловецький парк набув заповідного статусу ППСПМ.

Як видно з табл. 1, кількісний і якісний склад сучасної мережі ШЗП усіх чотирьох категорій природно-заповідного фонду української частини басейну Дністра досі ще репрезентативно не сформовано.

Верхів'я басейну Дністра розташовано у карпатській гірській,

прикарпатській та передкарпатській частинах у цілому гірської країни Українських Карпат. Мережу ШЗП верхів'я басейну представлено чотирма ДП та 22 ППСПМ, які займають загальну площу близько 526 га.

Переважна більшість цих об'єктів розташована поза гірською частиною, що є зрозумілим з огляду на оптимальніші ґрунтово-кліматичні умови для розбивки парків, відпочинку людей та вирощування у них екзотичних теплолюбних видів деревних рослин. Власне у гірській частині верхів'я басейну організовано лише два ШЗП: ДП «Високогірний» та ППСПМ «Арборетум». З усіх ШЗП басейну Дністра ДП «Високогірний» лежить найвище над рівнем моря (близько 1000 м). Нижче у макрорельєфі басейну Дністра розташована частина зони широколистяних лісів України, про мережу всього природно-заповідного фонду якої вже йшлося (Роровуш, 2018). Із усіх природно-географічних регіонів, до складу яких входить басейн Дністра, власне в зоні широколистяних лісів

2. Структура мережі штучних заповідних парків природно-географічних регіонів України

Категорії природно-заповідного фонду	Природно-географічні регіони України, кількість/га				Усього
	Степ	Лісостеп	Карпати	Зона широко-листяних лісів	
Ботанічні сади	5	9	2	9	25
	354,0	270,2	102,0	307,9	1034,1
Дендрологічні парки	6	15	6	19	46
	384,0	722,2	199,3	243,5	1549,0
Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва	95	179	29	105	408
	2189,6	8217,9	208,7	1595,8	12212,0
Зоологічні парки	3	4	-	4	11
	315,0	90,5	-	29,1	434,6
Разом	109	207	37	137	490
	3242,6	9300,8	510,0	2176,3	15229,7

найкраще сформовано мережу ШЗП – це сім БС, 14 ДП, 61 ППСМ і три ЗП, які займають 1290 га. У фізико-географічному просторі продовженням зони широколистяних лісів на схід є Лісостеп України. У його басейнових межах мережу ШЗП представлено в основному Вінницькою областю, у західній частині якої налічується 13 ППСМ. До лісостепової частини басейну Дністра долучено ще по одному ППСМ з Одеської та Хмельницької областей. Загалом площа лісостепових ШЗП становить близько 1432 га. Натомість дуже мізерно виглядає мережа ШЗП басейну Дністра у межах степової зони України. Тут вона у межах Одеської області уособлює лише два ППСМ (Кочубеївський і Сергіївський) загальною площею 67 га. Отже, за сукупністю кліматичних, екологічних, рельєфних екоумов басейну Дністра, як і передбачалося, оптимальнішими регіонами для розвитку мережі ШЗП є зона широколистяних лісів і Лісостеп України. У перспективі завдяки потеплінню клімату вона може розширюватися на передкарпатську та прикарпатську місцевості басейну Дністра (табл. 2).

Висновки і перспективи. Формування мережі старовинних ШЗП у басейні Дністра розпочалося у XVII ст., однак бурхливий розвиток припав на XVIII (близько 20 об'єктів) і XIX (майже 30 об'єктів) ст. Минувле XX ст. вирізнялося масовим заповіданням та уточненням заповідного статусу для раніше створених парків. Пік заповідання парків припав на післявоєнний період, особливо на 1960–1980-ті рр. У 1990-х рр. помітно сповільнилися темпи створення та заповідання парків. За перші два десятиріччя XXI ст. у дослідженому регіоні було створено й організовано

природоохоронний режим лише для п'ятьох ШЗП.

Мережа БС басейну Дністра (сім об'єктів) нерівномірно представлена в усіх семи адміністративних областях. Найбільше (три) їх у м. Львові. Мережа ДП удвічі більша за кількістю об'єктів (18), ніж БС. Відповідно вони займають майже у три рази більшу площу (329,4 га). Мережа ППСМ найкраще розгалужена. Нині вона складається зі 100 об'єктів площею 2875,2 га. Мережу ЗП становлять лише три об'єкти. Найвищу категоріальну (усі чотири категорії) та об'єктну (відповідно 57 і 23 ШЗП) репрезентативність мають Львівська та Хмельницька області.

З огляду на зміст представленої тематики та висловлені вище узагальнення, перспективними для басейну Дністра варто вважати два напрями наукових досліджень: 1) проектування формування оптимальної та завершеної мережі ШЗП; 2) докладний структурний аналіз природної та інтродукованої дендрофлори регіону, насамперед наявної мережі ШЗП.

Список літератури

- Leonenko, V. B., Stetsenko, M. P., & Voznyi, Yu. M. (2003). Atlas of objects of the nature reserve fund of Ukraine. Annex to the atlas of objects of the nature reserve fund of Ukraine. Kyiv: Kyiv University, 73; Annex, 142 (in Ukrainian).
- Leontiak, H. P., & Osypov, M. Yu. (2012). Moldavian manor parks XIX – start XX centuries. Scientific Bulletin of NFWU of Ukraine, 22.12, 62–68 (in Ukrainian).
- Mykhailovych, N. V. (2014). The Nature Reserve Fund Network of the Artificial Objects of the Ukrainian Carpathians. Scientific Bulletin of NFWU of Ukraine, 24.6, 95–102 (in Ukrainian).

- Popovych, S. Yu. (2018). Network of the natural reserve fund of the broadleaved forest zone of Ukraine. Floristic and cenotic diversity in recovering, protection and preservation of the plant world. Kyiv: Lira, 225–247 (in Ukrainian).
- Popovych, S. Yu. (2016). Network of the natural reserve fund of the Ukrainian Polissya. Nature Reserves in Ukraine, 22 (1), 42–47 (in Ukrainian).
- Popovych, S. Yu. (2012). Formation and modern state of the network of the Natural Reserve Fund of the Steppe Zone of Ukraine. Nature Reserves in Ukraine, 18 (1–2), 4–11 (in Ukrainian).
- Popovych, S. Yu. (2003). Nature reserve fund of the Dnipro basin: past, present and development prospects. The role of nature-protected areas in maintaining biodiversity: proceedings of Conference devoted to the 80th anniversary of the Kaniv Nature Reserve. Kaniv, 24–26 (in Ukrainian).
- Popovych, S. Yu., & Vasilenko, V. S. (2009). Ecosystem of the Forest-Steppe zone of Ukraine (map-diagram and its legend). Nature Reserves in Ukraine, 15 (1), 1–5 (in Ukrainian).
- Popovych, S. Yu., Vlasenko, A. S., Stepanenko, N. P., Savoskina, A. M., & Miskevych, L. V. (2018). Comparative evaluation of regional protected dendroexosozofloras in the zonal aspects of Ukraine. Floristic and cenotic diversity in recovering, protection and preservation of the plant world. Kyiv: Lira, 289–307 (in Ukrainian).
- Stetsenko, N. F., & Popovych, S. Yu. (1995). About creation of nature reserves in the middle part of the Desna basin. Protected areas and protection of biological diversity. Natural reserves and protection of the biological diversity of the middle course of the Desna: proceedings of Conference (Nerussa), 44–47 (in Ukrainian).

S. Yu. Popovych, A. S. Vlasenos (2019). The network of artificial reserve parks of the Dnister river basin in the trans-regional measurement.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2):64-71.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.064>.

Within this research we describe the formation of a network of artificial parks in the Dnister basin. This process took place over three stages: 1) XVII century - 1917; 2) 1918-1990; 3) 1991 - until today. An intensive development was observed in the XVIII (about 20 objects) and XIX (about 30 objects) centuries. The twentieth century was marked by the massive conservation and the refinement of the reserve status for previously created parks, in particular, the peak of conservation activity occurred in the 60-80s. The modern network of artificial reserve parks is represented by 128 objects, including 7 botanical gardens, 18 arboretums, 100 parks-monuments of landscape art, and 3 zoos. Together they occupy an area of 3,315.0 ha. Lviv and Khmelnytskyi regions feature the highest categorical (four categories) and object (57 and 23 parks respectively) representativeness. The level of categorical, object and administrative-territorial representativeness, as well as the quantitative and qualitative species composition of localized protected dendroexosozofloras of natural geographical regions of the Dnister basin reflects the degree of development of the basin network of artificial reserve parks. According to these indicators, the networks of artificial reserve parks in the zone of deciduous forests and forest-steppe of Ukraine are optimally formed.

Keywords: history of parkland conservation, artificial reserve objects, natural and geographical regions.

Отримано : 04.02.2019 р.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ НАЗЕМНИХ ЛІСОВИХ ГОРЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ У СОСНОВИХ ЛІСАХ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ

П. П. Яворовський, доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, професор кафедри лісівництва,
Р. В. Гуржій, аспірант кафедри лісівництва*,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
С. Г. Сидоренко, кандидат сільськогосподарських наук, старший
науковий співробітник лабораторії екології лісу,
Український науково-дослідний інститут лісового господарства
та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького
E-mail: p.p.iavorovskiy@nubip.edu.ua

Лісові насадження зазнають наростаючого впливу негативних чинників, спричинених глобальними змінами клімату та надмірним антропогенним навантаженням. Це призводить до збільшення частоти виникнення лісових пожеж. Особливо це стосується соснових лісів, де трапляється понад 70 % лісових пожеж. Інтенсивність і перебіг лісових пожеж значною мірою залежать від кількісного складу лісових горючих матеріалів (ЛГМ) та їхньої здатності до загоряння, умов погоди, і таксаційних та лісівничих характеристик насадження.

Запаси ЛГМ визначали методами повного відбору їх на тимчасових пробних площах і визначення їхньої маси з облікових майданчиків.

Проаналізовано особливості накопичення запасів ЛГМ у чистих соснових насадженнях залежно від типу лісорослинних умов (ТЛУ) і віку сосняків. Виявлено тенденції до збільшення запасів ЛГМ із віком насаджень. Встановлено зміну з віком у соснових деревостанах не тільки кількісних показників лісової підстилки, а і її якісних характеристик, зокрема співвідношення поміж шарами мінералізації лісової підстилки та змінами її товщини.

У чистих соснових насадженнях 45-річного віку в умовах свіжого сугруду участь фракцій 1 – hr, 10 – hr, 100 – hr є на 5–6 % більшою порівняно з 30-річними сосняками, що свідчить про інтенсивніший відпад деревної ламані у цьому віці. Водночас, у свіжому суборі фракція 1 – hr є більшою на 3–5 % у 90-річному віці, фракція 100 – hr має більші запаси у 75-річному віці і становить понад 17 % від загального запасу ЛГМ.

За умов недостатнього висихання нижніх шарів підстилки, які є значно вологішими порівняно з верхніми, вони не вигоряють цілком і під час пожежі виконують функцію термоізоляційного буфера, перешкоджаючи пошкодженню кореневих лап і коренів деревних рослин, розташованих у верхніх шарах ґрунту.

Ключові слова: рослинні горючі матеріали, шари мінералізації лісової підстилки, лісова пожежна небезпека, сосняки, лісова підстилка.

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник П. П. Яворовський.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Тенденція до збільшення кількості та площі лісових пожеж зберігається упродовж останніх десятиліть, про що свідчать роботи науковців (Zibitsev, 2000; Voron et al., 2005; Sidorenko et al., 2015; Yavorovsky & Hurzhii 2017, 2018 та ін.). Частково запобігти такому явищу можливо лише за умови успішного прогнозування умов виникнення та розвитку природних пожеж на основі виявлення запасів і пірологічних характеристик ЛГМ (Levchenko et al., 2015). Склад, особливості та мінливість ЛГМ залежать від типу лісу, таксаційних і лісівничих характеристик насаджень, рельєфу та особливостей кліматичних умов, які впливають на швидкість розкладання рослинних органічних решток і здатність ЛГМ до загоряння. Зміни природно-кліматичних умов впливають на швидкість відмирання фітомаси крони, а отже і на масу опадів (хвої, листків, плодів і дрібних гілок) із дерев, з якого формується лісова підстилка. Також змінюється швидкість їх висихання, а отже і настання рівня «пірологічної стиглості» насадження. Це зумовлює необхідність проведення комплексних досліджень для визначення кількісних та якісних характеристик ЛГМ, які нерозривно пов'язані з потенційним рівнем горимості досліджуваних лісів. Виявлення закономірностей у формуванні комплексів лісових горючих матеріалів дасть змогу в подальшому розробити моделі прогнозування запасів усього комплексу лісових горючих матеріалів для лісів України. Такі дані можуть бути використані при моделюванні поведінки пожеж.

Мета дослідження полягала у визначенні закономірностей формування наземних горючих матеріалів у соснових лісах Київського Полісся.

Матеріали і методи дослідження. Запаси ЛГМ визначали методами пов-

ного відбору їх на пробних площах і визначення їхньої маси з облікових майданчиків розміром 1×1 м. Відібрані зразки лісової підстилки висушували у сушильних камерах до абсолютного сухого стану за температури 105°C (Sofronov et al., 2005). Облікові майданчики розміщували у типових місцях лісових насаджень, у межах проекцій крон дерев, на відстані мінімум $0,25\text{--}1,00$ м від стовбурів дерев залежно від віку деревостану. Відбір зразків підстилки проводили у період стабілізації її маси у серпні – вересні пошарово (Kurbatskyi, 1970), розпочинали з *L*-горизонту, який містив фракції хвої та кори, шишок і гілок. До фракції хвої та кори відносили також листки деревних видів та інші дрібні відмерлі рослинні рештки. Ферментативний горизонт (*F*) було представлено ущільненим шаром підстилки, який складався із напіврозкладених рослинних решток з ознаками анатомічної будови. До гумусового шару лісової підстилки (*H*) відносили порівняно однорідні маси напіврозкладених решток хвої, листків, гілочок та іншого рослинного матеріалу. Ми провели розподіл ЛГМ на чотири групи залежно від величини часток деревного відпаду. До I групи ЛГМ $1 - hr$ відносили деревні частинки діаметром до 6 мм, II групи $10 - hr$ діаметром від 6 до 25 мм, III групи $100 - hr$ діаметром від 26 до 75 мм і VI групи $1000 - hr$ діаметром від 76 до 200 мм (FIREMON Database User Manual., 2006). До I групи ЛГМ також зараховували $1 - hr$; хвою, кору і шишки, а до II групи – рослинні рештки напіврозкладеного і розкладеного горизонтів, (*F*) і (*H*) (Volokitina & Sofronov, 1996).

Результати досліджень та обговорення. У Боярській ЛДС загальна площа лісів сягає $16\,258,1$ га, а частка

сосни звичайної становить близько 13 709,7 га, або 84,3 %, із них найбільш пожежонебезпечними є хвойні молодняки та середньовікові насадження, на частку яких припадає близько 10 255,3 га, тобто 74,8 % від загальної площі насаджень сосни звичайної (табл. 1).

У типологічній структурі лісів Боярської ЛДС переважають лісові насадження, які ростуть в умовах свіжого сугруду 64,56 % (табл. 2).

У віковій структурі соснових насаджень Боярської ЛДС переважають молодняки і середньовікові деревостани. Саме молодняки і середньовікові сосняки мали найбільшу горимість, тут виявлено найбільше лісових пожеж

як за кількістю: 26,76 і 52,32 %, так і за площею: 15,55 і 60,29 % (рис. 1).

Враховуючи те, що найбільш горимими були сосняки, що ростуть в умовах свіжого субору та сугруду, ми провели облік запасів ЛГМ саме в цих едатопах. Запаси ЛГМ у чистих соснових насадженнях, які ростуть в лісорослинних умовах свіжих сугрудів і свіжих суборів, наведено у табл. 3. У II групі ЛГМ виділено різний ступінь мінералізації, щільність і вологість, вони горять здебільшого у безполум'яному режимі.

Виявлено, що збільшення запасів наземних ЛГМ зі збільшенням віку деревостану не є рівномірним, особливо в умовах свіжих суборів. Причиною

1. Розподіл лісових насаджень за групами віку

Види деревних рослин	Групи віку					Разом
	молод- няки	серед- ньовікові	присти- гаючі	стиглі	пере- стійні	
Сосна звичайна	1847,7	8407,6	2448,2	556,7	449,5	13709,7
Дуб звичайний	61,2	1494,8	101,1	46,2	111,5	1814,8
Вільха	82,7	102,7	45,2	61,9	15,5	308
клейка						
Береза повисла	34,5	29,4	20,1	38,3	1,9	124,2
Граб звичайний	3,6	14,4	61	34,7	2,3	116
Дуб	23,1	50,5				73,6
червоний						
Інші деревні види	21,3	40,9	6,5	12,6	30,5	111,8
Разом	2074,1	10140,3	2682,1	750,4	611,2	16258,1

2. Розподіл площі лісів Боярської ЛДС за типами лісорослинних умов, %

Лісни- цтво	Типи лісорослинних умов											
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	D ₂	D ₃
Бояр- ське	0,05	2,5	-	18,1	6,9	0,3	64,1	3,3	3,0	0,1	1,5	0,0
Пле- сцьке	-	-	0,0	32,8	0,2	0,1	64,8	0,8	1,3	0,0	0,2	-
Разом	0,02	0,83	0,01	27,9	2,41	0,15	64,56	1,61	1,85	0,04	0,62	0,002

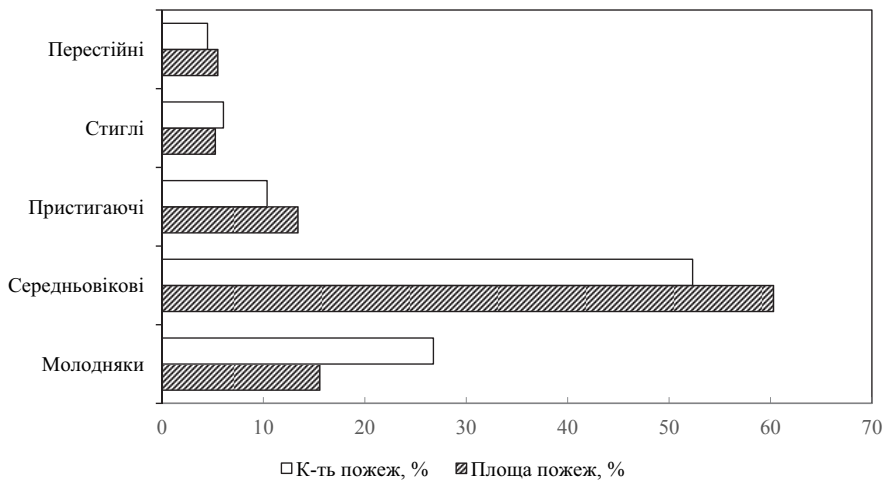


Рис. 1. Розподіл кількості та площі лісових пожеж у соснових насадженнях Боярської ЛДС різних вікових груп

цього є неоднорідність таксаційних показників лісових насаджень. Збільшення запасу ЛГМ із віком відбувається унаслідок росту і розвитку дерев у доростанні, коли збільшується запас хвої в кронах та відбувається сповільнення швидкості розкладання опаду. Фракційний склад, потужність і запаси ЛГМ залежать від низки чинників, серед яких найбільшу роль відіграють лісівничі та таксаційні характеристики насаджень.

В умовах свіжих сугрудів і суборів у молодняках 15-річного віку виявлено найбільшу частку опадового шару, який складався переважно з хвої. Наявність у молодняках сухих нижніх гілок у деревних рослин, сучків та низько опущених крон сприяє переходу низової пожежі у верхову. Тому можна дійти висновку, що такі насадження є найбільш пожежонебезпечними. У старшому віці лісових насаджень з'являється надгрунтовий покрив, представлений видами мохів із відділу *Bryophyta*. У свіжому сугруді частка таких мохів має тенденцію до зростання з віком сосняків. У чистих соснових

насадженнях 45-річного віку в умовах свіжого сугруду участь фракцій 1 – hr, 10 – hr, 100 – hr є на 5–6 % більшою порівняно з 30-річними сосняками, що свідчить про інтенсивніший відпад деревної ламані у цьому віці. Водночас, у свіжому суборі фракція 1 – hr є більшою на 3–5 % у 90-річному віці, фракція 100 – hr має більші запаси у 75-річному віці і становить понад 17 % від загального запасу ЛГМ.

Найбільший запас лісових горючих матеріалів I–II груп в умовах свіжого сугруду (C_2) спостерігається у віці соснових насаджень 60 років, який становить понад 33 т/га. Водночас, у стиглих сосняках, які ростуть в умовах свіжого субору (B_2), показник запасу ЛГМ був у 2,5 разу більший, а саме на рівні 71,4 т/га (рис. 2).

Запас ЛГМ I групи переважає відповідний показник II групи ЛГМ лише у молодняках 15-річного віку, які ростуть в умовах свіжого сугруду (C_2) і 23-річного віку, що ростуть в умовах свіжого бору (B_2), тобто частка запасу опадового шару значно переважає

3. Запаси наземних ЛГМ I групи у чистих соснових насадженнях свіжих сугрудів і суборів Боярської ЛДС, т/га

ТЛУ	Вік	I група ЛГМ						
		Опад						мох
		1 – hr	10 – hr	100 – hr	шишки	листки, хвоя	всього	
C ₂	15	–	–	–	–	4,85	4,85	–
C ₂	30	0,24	–	–	1,04	8,46	9,75	–
C ₂	45	1,28	3,70	3,00	1,60	3,06	12,64	2,98
C ₂	60	0,38	1,20	–	1,71	3,71	7,01	3,13
C ₂	80	0,18	1,80	–	0,58	2,09	4,62	5,12
B ₂	15	0,18	–	–	–	5,19	5,37	–
B ₂	23	0,20	0,70	1,30	0,57	2,39	5,17	0,12
B ₂	43	0,49	0,40	0,55	1,23	5,02	7,74	0,81
B ₂	50	0,28	0,70	–	1,22	4,93	7,13	2,66
B ₂	60	0,35	0,50	0,77	1,92	4,86	8,44	3,99
B ₂	70	0,38	0,80	1,42	0,66	3,03	6,25	3,21
B ₂	75	0,26	0,30	1,89	0,65	3,95	7,06	4,01
B ₂	80	0,62	0,80	0,26	1,93	3,08	6,72	4,65
B ₂	80	0,62	0,80	0,26	1,93	3,08	6,72	4,65
B ₂	85	0,55	0,50	0,52	1,39	5,93	8,93	–
B ₂	90	0,46	0,90	1,60	3,36	9,24	15,50	5,01

частку запасу ферментативного та гуміфікованого. З віком в умовах свіжого сугруду (C₂) запаси ЛГМ II групи починають домінувати над запасами ЛГМ I групи, у стиглому віці виявлено тенденцію до зменшення як загального запасу ЛГМ, так і запасів ЛГМ I групи. Водночас, в умовах свіжого субору (B₂) з віком запаси ЛГМ I групи переважають і мають більшу масу порівняно з масою ЛГМ II групи особливо після досягнення насадженням V класу віку, й вони збільшуються до досягнення сосняками віку 75 років. У 80-річному віці й у старших соснових насадженнях зафіксовано суттєве зменшення запасів лісової підстилки.

Також від товщини підстилки залежить обсяг теплоти, яка вивільняється під час перебігу лісових пожеж. У лі-

сових насадженнях у міру розвитку посухи відбувається поширене висихання ЛГМ, з'являється можливість займання, поступово зростають активний (який згорає) запас ЛГМ, що індукує збільшення кількості тепла, яке виділяється під час їхнього горіння, швидкості поширення горіння й інтенсивність руху крайки пожежі. Щоб оцінити рівень природної пожежної небезпеки і спрогнозувати поведінку можливої лісової пожежі, необхідно знати закономірності зміни згаданих вище величин через погодні умови і фенологічні зміни у лісових насадженнях.

Згідно з аналізом, який ми провели, потужність шару підстилки має тенденцію до поступового збільшення з віком насаджень. Найменшу товщину та найбільший рівень рихлості лісової

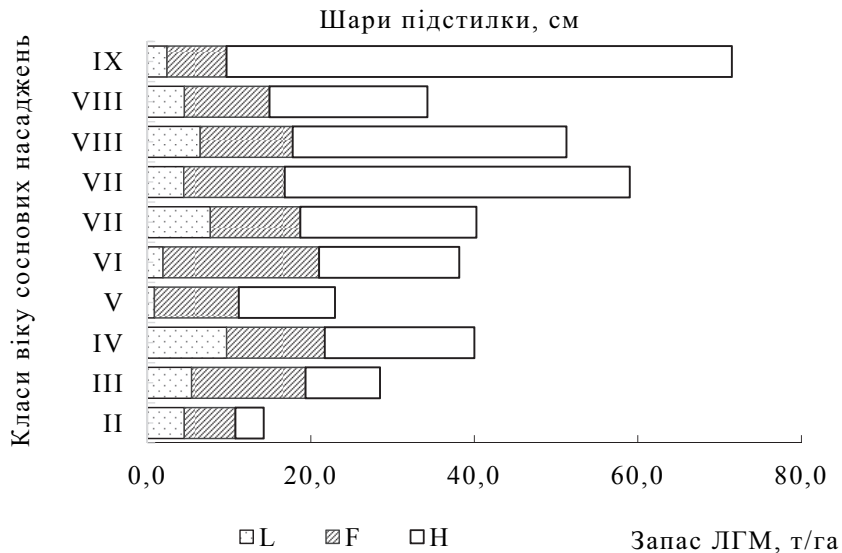


Рис. 2. Розподіл лісової підстилки за шарами мінералізації у сосняках Боярської ЛДС, що ростуть в умовах свіжих суборів

підстилки, які впливають на швидкість горіння ЛГМ, зафіксовано у молодому 15-річному віці насаджень сосни звичайної в умовах свіжого сугруду (C_2), яка становить 2 см, і в такому самому віці у сосняків, які ростуть в умовах свіжого бору (B_2), а саме 3 см. Водночас, найтовстіший шар підстилки для умов свіжого сугруду (C_2) виявлено у віці соснових насаджень 45–60 років, – 6 см. У 80-річному віці сосняків товщина підстилки першої групи має тенденцію до спаду й формує шар товщиною до 5 см. В умовах свіжого субору (B_2) найбільшу потужність шару підстилки – товщиною 7 см – виявлено у пристиглих і стиглих сосняках 70–90-річного віку. У віці соснових насаджень 90 років відзначено зменшення потужності шару підстилки до рівня 4–5 см.

Розподіл лісової підстилки за шарами мінералізації суттєво відрізнявся як у розрізі лісорослинних умов, так і у розрізі віку сосняків. Основною скла-

довою мортмаси шару L є опад хвої. Цей шар підстилки разом із трав'яним покривом належить до I групи ЛГМ, які є «провідниками горіння», тобто він бере активну участь у розвитку та поширенні лісової пожежі і горить, як правило, у «полум'яній» фазі горіння. Нижчі шари лісової підстилки – ферментативний та гуміфікований – належать до II групи ЛГМ (Volokitina & Sofronov, 1996). Вони є більш вологими і щільними, тому горять за «безполум'яної» фази горіння і, як правило, цілком не вигоряють (рис. 2).

За дослідженнями В. П. Ворона (Voron et al., 2016), максимальні значення температур горіння підстилки в умовах суборів, яка висушена до повітряно-сухого стану, зареєстровано в середньому ферментативному (F) шарі на рівні – 370–513°C. Для них характерні значний запас і пухка структура, що сприяє доступу повітря та зростанню температури горіння. Температура

горіння верхнього опадового шару досягала показників у межах 354–444 °С, що пов'язано з невеликою його товщиною. Найнижчу температуру горіння відзначено в шарі *H*, яка коливається на рівні – 200–300 °С (Voron et al., 2016).

Горіння мортмаси цього горизонту часто проходить без полум'я впродовж довгого періоду часу. Режим горіння значних запасів підстилки під основою стовбура призводить до локального пошкодження кореневих лап і дрібних коренів деревних рослин, розміщених у верхніх горизонтах ґрунту, що збільшує вплив і тривалість дії негативних чинників під час постпірогенного розвитку сосняків (Sidorenko et al., 2015).

Виявлено, що запаси ферментативного та гуміфікованого шарів підстилки мають тенденцію до зростання з віком насадження (рис. 5). Найяскравіше таку тенденцію помітно під час проведення аналізу запасів гуміфікованого шару лісової підстилки. Зокрема, у II класі віку сосняків запас цього

шару складав усього 3,5 т/га, у середньовікових сосняках VII класу віку він уже становив 21,5 – 42,2 т/га.

Під час проведення кореляційного аналізу між запасом гуміфікованого шару підстилки та віком насадження, виявлено тісний прямий кореляційний зв'язок: $r = 0,89$ $p = 0,05$. Тобто зі збільшенням віку соснових насаджень збільшується також і запас гуміфікованого шару підстилки. Регресійним аналізом встановлено, що така залежність найкраще апроксимується рівнянням експоненти (рис. 3). За результатами проведення регресійного аналізу встановлено, що об'єм цього шару підстилки на 78 % визначався віком соснового насадження. Водночас, суттєвих достовірних зв'язків між запасом опадового та ферментативного шарів з одного боку та віком насадження з іншого ми не виявили.

Тенденція до збільшення запасу ферментативного та гуміфікованого шарів підстилки зберігаються і для насаджень в умовах свіжого сугруду (рис. 4).

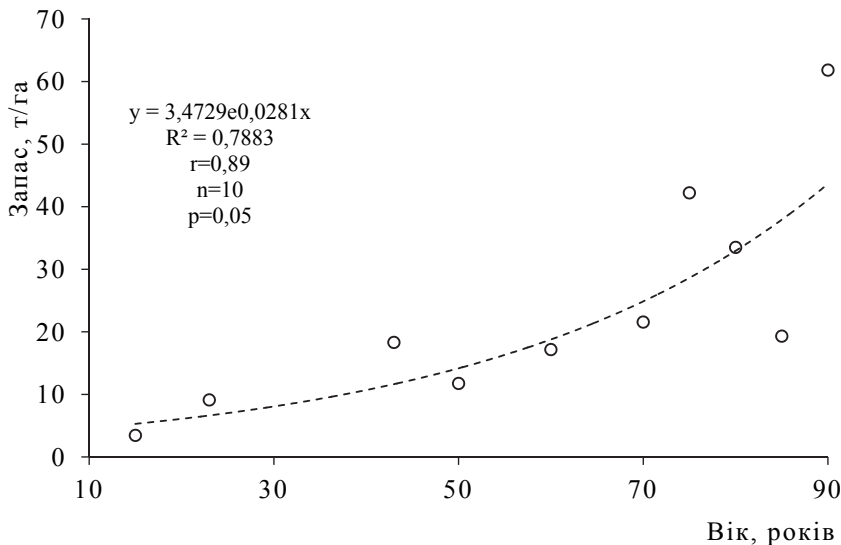


Рис. 3. Залежність запасів гуміфікованого шару підстилки від віку сосняків Боярської ЛДС в умовах свіжого субору

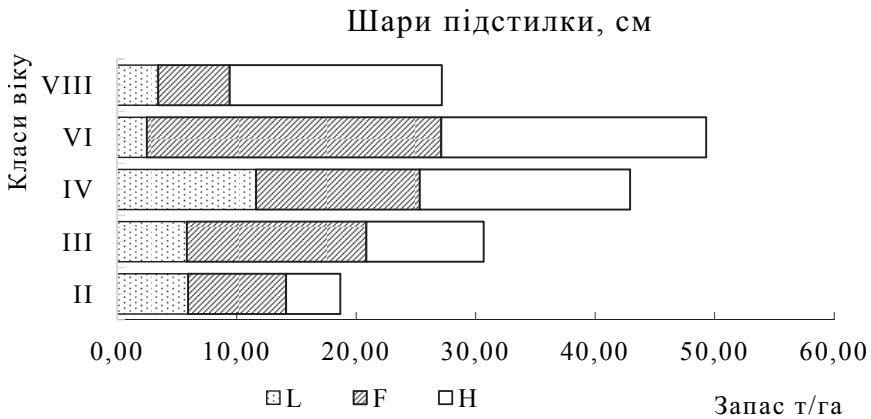


Рис. 4. Розподіл лісової підстилки за шарами мінералізації у сосняках Боярської ЛДС, які ростуть в умовах свіжого сугруду

Висновки і перспективи. Запаси наземних ЛГМ і, зокрема, підстилки збільшуються з віком сосняків. У лісорослинних умовах свіжих суборів порівняно з умовами свіжих сугрудів виявлено більші запаси ЛГМ, особливо у сосняках старших вікових груп, що пояснюється тривалішим процесом розкладання лісової підстилки в перших, оскільки в умовах свіжих сугрудів лісова підстилка розкладається значно інтенсивніше.

Найменші загальні запаси і потужність шару лісової підстилки виявлено в соснових молодняках, а найбільшу товщину її шару зафіксовано у середньовікових і пристигаючих соснових деревостанах, зі збільшенням віку деревостану до 80 років ця тенденція знижується.

Накопичення значних запасів ферментативного та гуміфікованого шарів лісової підстилки у сосняках віком понад 40 років свідчить про підвищення ризику виникнення пожежних ризиків і посилення постпірогенного відпаду за умови повного вигорання усіх шарів підстилки. Водночас, за умов недостатнього висихання нижніх шарів

підстилки, які є значно вологішими порівняно з верхніми, вони не вигорять цілком і під час пожежі виконують функцію термоізоляційного буфера, перешкоджаючи пошкодженню кореневих лап та коренів деревних рослин, розміщених у верхніх шарах ґрунту.

Список літератури

- FIREMON Database User Manual. Retrieved from http://frames.nbii.gov/documents/projects/firemon/FMDBv4_Method.pdf
- Hurzhii, R. V., & Malovanyuk, A. V. (2018). Spatio-temporal distribution of forest fires in Ukraine according to satellite imagery. Sustainable management of the forest complex and balanced development of urban landscapes, Kyiv, 46–47 (in Ukrainian).
- Hurzhii, R. V., & Yavorovskiy, P. P. (2018). Stocks of terrestrial wood combustible materials in the forests of Kiev Polesie. Forestry and Forest Melioration, 132, 129–137 (in Ukrainian).
- Hurzhii, R. V. (2017). Trends in the occurrence of forest fires in the forests of the Kyiv Oblast Department of Forestry and Hunting. Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine, 266, 104–110 (in Ukrainian).

- Kurbatsky, N. P. (1970). Investigation of the quantity and properties of forest combustible materials Questions of forest pyrology. Krasnoyarsk, 5–58 (in Russian).
- Levchenko, V. V., Borsuk, O. A., & Borsuk, A. A. (2015). Forest combustible materials. Kyiv, 237 (in Ukrainian).
- Sofronov, M. A., Holodomer, I. M., Volokitina, A. V., & Sofronova, T. M. (2005). Fire hazard in natural conditions. Krasnoyarsk, 330 (in Russian).
- Sydorenko, S. H., Voron, V. P., Melnyk, Ye. Ye., & Sydorenko, A. H. (2015). Peculiarities of the mature pine stands formation after surface fires. Forestry and Forest Melioration, 127, 169–176 (in Ukrainian).
- Volokitina, A. V., & Sofronov, M. A. (1996). Classification of vegetable forest fuel. Forestry, 3, 38–44 (in Russian).
- Voron, V. P., Borysenko, V. H., Tkach, O. M., Muntian, V. K., & Barabash, I. O. (2016). Burning parameters of litter from Ukrainian Polissya pine forests. Forestry and Forest Melioration, 129, 130–138 (in Ukrainian).
- Voron, V. P., Leman, A. V., Stel'mahova, T. F., Plugatar, Y. U. V. (2005). Fire as a factor of destabilization of forests of green areas of the cities of Ukraine. Forestry and Forest Melioration, 15.7, 138–145 (in Ukrainian).
- Yavorovskiy, P. P., & Hurzhii, R. V. (2017). Analysis of forest fires in forests Boyar Forest Experimental Station for 2004–2016. Forestry and Forest Melioration, 131, 158–164 (in Ukrainian).
- Yavorovskiy, P. P. (2015). Forest Fires and Measures to Remove Natural Combustible Materials in Forest. Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine, 71–77 (in Ukrainian).
- Zibtsev, S. V. (2000). State of forest protection from fires in Ukraine and main directions of its improvement. 319–328 (in Ukrainian).

P. P. Yavorovskiy, R. V. Hurzhii, S. H. Sydorenko (2019). Formation of the complex of ground forest combustible materials in pine forests of kyiv polissya.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2): 72-80.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.072>.

Forest plantations are experiencing the increasing influence of negative factors caused by global climate change and excessive anthropogenic pressure. This leads to an increase of forest fires incidences. This is especially relevant for coniferous forests, where over 70 % of forest fires occur. The intensity and type of fire that occurs in forests depends on the quantitative composition of forest combustible materials and their ability to ignite, weather conditions, and silvicultural characteristics of a stand.

Stocks of forest combustible materials were determined by the methods of their full selection at the research plots (1 m²) and determination of their mass.

Peculiarities of accumulation of stock of the forest combustible materials in pure pine stands are analyzed depending on the type of forest growth conditions and stand age. We established an increase of stock of the forest combustible materials depending on stand age. We have also established the dynamics in pine stands not only of the quantitative indicators of the forest litter, but also of its qualitative characteristics, in particular, the ratio between the mineralization layers of forest litter and its thickness.

Under conditions of insufficient drying of the lower layers of forest litter, which are much more damp in comparison with the upper ones, they do not burn completely and during a forest fire perform the function of thermal insulation buffer, preventing damage to the root systems of tree plants, distributed in the upper layers of the soil.

Keywords: forest fires, stock of forest combustible materials, pine forests, forest litter.

Отримано : 23.11.2018 р.

ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ ОЦІНОК ЕСТЕТИЧНИХ ЯКОСТЕЙ ПАРКОВОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Н. В. Гатальська, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри ландшафтної архітектури та фітодизайну,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: gatalska@ukr.net

Дослідження естетичних якостей ландшафту може передбачати як експертну оцінку, так і громадські судження. Упродовж останнього десятиліття спостерігається підвищення уваги з боку науковців до залучення громадськості для оцінювання естетики ландшафтних об'єктів. Поряд із тим, питання способів дослідження естетичних якостей паркового середовища із залученням респондентів і виявлення тих, які сприятимуть отриманню достовірних результатів відповідно до поставлених завдань, є дискусійним у науковій літературі.

Метою дослідження є визначення еквівалентності оцінок естетичних якостей паркового середовища, отриманих із застосуванням різних способів дослідження. Як дослідні об'єкти вибрано Маріїнський парк і парк «Слава», розміщені в центральній історичній частині м. Києва. Для проведення дослідження було залучено 42 особи. Оцінювання проводили із застосуванням фотографій, що ілюструють паркові пейзажі, та безпосередньо в парковому середовищі, яке здійснювали чотири рази на рік – навесні, влітку, восени та зимою. Для аналізу даних використано кореляційний аналіз Пірсона.

Встановлено, що оцінка естетичних якостей пейзажів Маріїнського парку відрізняється як у межах сезонів, так і щодо способу проведення дослідження, а найсуттєвішу (21,1 %) різницю між оцінкою, наданою за фото, та оцінкою безпосередньо в середовищі виявлено восени. У парку «Слава» ситуація є іншою: різниця в середніх балах, як у межах сезонів, так і відповідно до способу проведення досліджень, не перевищує 7,5 %. Однаковим для обох дослідних об'єктів є незначне (2,4–4,0 %) підвищення оцінки весняних пейзажів за умов оцінювання безпосередньо в парку порівняно з фотографіями.

Результати кореляційного аналізу бальної оцінки естетики пейзажів, отриманої в різні сезони, показали різницю у силі кореляції відповідно до спо-

собу проведення досліджень: у межах Маріїнського парку кореляційні зв'язки майже в усіх випадках тісніші за умов застосування фото, натомість у парку «Слава» – у середовищі.

Ключові слова: сприйняття паркових пейзажів, методологія оцінювання ландшафту, сезонна динаміка, кореляційний аналіз.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Дослідження естетичних якостей ландшафту передбачає оцінювання його компонентів за допомогою як експертних оцінок, так і громадських суджень (Palmer & Hoffman, 2001). Окремо доцільно зауважити про збільшення уваги з боку науковців до залучення громадськості для оцінювання естетики ландшафтних об'єктів упродовж останнього десятиліття, при цьому дослідження фокусуються довкола вивчення особливостей сприйняття середовища та формування уподобань респондентів (Farahani & Maller, 2018). Що ж до процесу сприйняття, то автори Jay & Schraml визначають «сприйняття як суб'єктивне тлумачення дійсності, що можна розглядати як сукупність схем, які індивіди будують через їх взаємодію з середовищем» (Jay & Schraml, 2009, с. 285), а Bennett зауважує, що сприйняття передбачає спостереження, розуміння, інтерпретацію і оцінювання референтного об'єкта людиною. Своєю чергою процес спостереження, як невід'ємна складова сприйняття, базуються на чуттєвому досвіді (ідеється зокрема про вигляд, слух, запах, дотик і смак) (Bennett, 2016). Тобто у процесі сприйняття, поряд із візуальною сферою, задіяні інші органи чуття, на які можуть впливати чинники середовища, в межах якого проводять дослідження. На впливі умов навколишнього середовища та

мультисенсорності сприйняття паркового середовища наголошують також Gungor & Polat (2018). Отже, аналіз особливостей сприйняття є важливим аспектом дослідження ландшафтних об'єктів, а також корисним на всіх стадіях їх збереження (Palmer & Hoffman, 2001), однак у літературі дискусійним питанням є методи, які застосовують під час таких досліджень (Palmer & Hoffman, 2001; Dramstad et al., 2006; Polat & Akay, 2015). Передусім дискусія розгортається довкола можливості застосування моделей (найчастіше фотографій) у процесі оцінювання естетичних якостей паркового середовища та відповідності отриманих результатів реальній ситуації.

Незважаючи на результати мета-аналізу, здійсненого Stamps (1990), під час якого автор отримав переконливі результати можливості використання фотографій для вивчення естетичних якостей ландшафту, Palmer & Hoffman (2001) ставлять під сумнів еквівалентність візуальних переваг, отриманих із застосуванням фотографій та безпосередньо в середовищі, аргументуючи це незначною часткою досліджень, використаних Stamps (1990). Окрім того, згадані автори наводять низку досліджень, які ілюструють відмінності у оцінках, отриманих у результаті аналізу фотографій та безпосередньо в середовищі. На особливу увагу заслуговують результати досліджень Zube et al.

(1974), де автори зазначають можливість застосування панорамної фотографії для відображення середовища, однак зауважують про наявність пейзажів, оцінювання яких за фото та в середовищі має суттєві відмінності (Palmer & Hoffman, 2001).

Окремо доцільно згадати семантичний диференціал – один із найпоширеніших методів дослідження особливостей сприйняття, естетичних якостей ландшафту, а також уподобань, що передбачає використання вербальних антонімів для визначення «загальноландшафтної» емоційної реакції респондента на певний пейзаж (Hofmann et al., 2012), а отримана оцінка характеризує ступінь його відповідності поданому прикметнику. Таким чином визначають загальну психоемоційну реакцію на конкретний пейзаж або середовище дослідного об'єкта в цілому, і саме подібність таких реакцій, отриманих за умов використання різних способів дослідження, виявили окремі автори (Shettleworth, 1980; Shelby & Harris, 1985; Trent et al. 1987; Stamps, 1990, 2010 та ін.). Проте Palmer & Hoffman (2001) висловлюють сумніви щодо обґрунтованості висновків і наводять результати дослідження Danford & Willems (1975), в розрізі якого було сформовано 16 семантичних диференційних шкал, які представили трьом групам респондентів для оцінювання юридичної школи: одна група респондентів проводила оцінювання на об'єкті, інша – за фото, а третя аналізувала лише надані шкали на основі власних уявлень про те, як це середовище має виглядати. В результаті оцінки всіх трьох груп не мали суттєвих відмінностей (Palmer & Hoffman, 2001), що і стало аргументом на користь недостатньої

обґрунтованості використання порівняльного аналізу суб'єктивних оцінок характеристик, наданих відповідно до запропонованого переліку, для відображення схожості фотографії з реальним середовищем.

Окремо необхідно звернути увагу на важливість аналізу сезонної мінливості паркового середовища, що може впливати на його естетичні якості, проте висвітлення цього питання у науковій літературі має фрагментарний характер. Праця Thorpert & Nielsen (2014) присвячена аналізу взаємозв'язку між видовим різноманіттям насаджень, мінливістю кольорової гами, що пов'язана із сезонною динамікою рослин і позитивною оцінкою пейзажу, але дослідження не передбачали порівняльного аналізу результатів відповідно до способу проведення оцінювання, а здійснювалися безпосередньо в середовищі. Аналіз особливостей впливу паркового середовища на сприйняття естетичних якостей пейзажів паркового середовища з урахуванням сезонної мінливості, який передбачав порівняння оцінок естетичних якостей пейзажів, отриманих на основі фотознімків і безпосередньо в межах парку, висвітлено в роботі Oleksiichenko & Gatalska (2018), однак дослідження здійснювалися на території одного об'єкта.

Отже, питання аналізу способів дослідження естетичних якостей паркового середовища та виявлення тих, які сприятимуть отриманню достовірних результатів відповідно до поставлених завдань, є актуальним питанням.

Мета дослідження: визначення еквівалентності оцінок естетичних якостей паркового середовища, отриманих із застосуванням різних способів дослідження.

Матеріали і методи дослідження. У дослідженні застосовано методи, які широко використовують для вивчення естетичних якостей ландшафтних об'єктів (Gungor & Polat, 2018; Osychenko, 2014; Polat & Akay, 2015; Hofmann et al., 2012), проте з низкою відмінностей:

- проведення досліджень із застосуванням фото та безпосередньо у парковому середовищі;
- надання можливості респондентам самостійно визначати чинники, що впливають на їхню оцінку, замість використання семантичних диференційних шкал;
- проведення досліджень на двох різних за рядом ознак паркових об'єктах.

Для проведення дослідження було залучено 42 особи, здебільшого молодь. Зокрема, 29 осіб є студентами Національного університету біоресурсів і природокористування України, які навчаються за спеціальністю «Садово-паркове господарство» (вік 18–25 років), а 12 респондентів – різного фаху та віку, серед яких вісім осіб віком 25–40 років, п'ять – 55–60 років. Серед респондентів сім чоловіків і 35 жінок. Усі учасники є громадянами України.

Як дослідні об'єкти обрано парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного та місцевого значення – Маріїнський парк і парк «Слава» відповідно, які розміщені в центральній історичній частині м. Києва. У межах Маріїнського парку визначено 26 локацій для оцінювання пейзажів, які подані на фотографіях загальною кількістю 63 екземпляри, на території парку «Слава» – 24 локації, представлені на 46 фотографіях. Кількість локацій визначали відповідно до об'ємно-просторової структури пар-

кового середовища дослідних об'єктів і загальноприйнятих методик (Sang et al., 2008; Hofmann et al., 2012; Polat & Akay, 2015; Gungor & Polat, 2018).

Програмою дослідження передбачено визначення особливостей сприйняття паркових пейзажів упродовж року, переважно тих, що характеризують сезонні зміни, тому фотографування здійснювали 31 серпня 2017 р. (для ілюстрації літніх особливостей паркового середовища), 5 жовтня 2017 р. (осінніх), 3 грудня 2017 р. (зимових) та 22 квітня 2018 р. (весняних) з 13:00 до 16:00 ранку із урахуванням людського та інших мінливих чинників. Оцінювання паркових пейзажів проводили за фото перед оцінюванням безпосередньо в середовищі, яке здійснювали чотири рази на рік – за різних із погляду комфортності для людини умов, які найчастіше проявляються у літній і весняний періоди та за умов, що можуть погіршувати комфорт через зниження температури, пориви вітру, підвищення вологості (характерно для осені та зими).

Анкетування респондентів передбачало оцінювання конкретного пейзажу на фото або конкретної локації в парку за 10-бальною шкалою, де 10 – найвищий бал. Учасникам пропонували самостійно навести позитивні та негативні ознаки пейзажу, які відповідно підвищують або знижують його естетику.

Під час аналізу результатів підраховували середні бали кожного окремого пейзажу із застосуванням додатку Excel. Для порівняльного аналізу середніх балів між оцінкою, наданою пейзажам за фото та у середовищі, використовували середньоарифметичні значення балів серії фотографій, що відповідають одній локації. Для аналізу даних застосовано кореляційний

аналіз Пірсона. Детальніше характеристики дослідних об'єктів та методику проведення досліджень наведено у попередніх публікаціях (Oleksiichenko & Gatska, 2018; Oleksiichenko, Gatska, & Mavko, 2018).

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті аналізу оцінки естетичних якостей пейзажів дослідних об'єктів виявлено різницю в оцінці як у межах сезонів, так і за способами проведення дослідження. Зокрема, при оцінюванні із застосуванням фото пейзажі Маріїнського парку отримали найвищий середній бал (7,9) влітку, а найнижчий (6,2) – навесні. Осінні та зимові пейзажі респонденти оцінили у 7,5 та 6,8 балів відповідно. Поряд із тим, респонденти визнали, що пейзажі парку «Слава» є найестетичнішими восени (8,13 бала), а найнижчу оцінку (6,8 бала) отримали, як і в межах попереднього об'єкта, весняні пейзажі. Літні та зимові пейзажі парку «Слава» респонденти оцінили у 8,0 та 7,7 балів відповідно. Оцінювання естетичних якостей пейзажів дослідних парків, що здійснювалися

безпосередньо на території об'єктів, показали дещо інші результати: найнижчий бал отримали осінні пейзажі Маріїнського парку – 5,9 бала і весняні парку «Слава» – 7,1 бала. При цьому найвищим балом оцінили літні пейзажі Маріїнського парку (7,3 бала) та осінні парку «Слава» (8,0) (рис. 1).

Необхідно зауважити різницю у естетичній оцінці пейзажів Маріїнського парку залежно від способу проведення досліджень, на відміну від результатів щодо парку «Слава». Однак у межах обох дослідних об'єктів навесні середній бал вищий у середовищі, ніж за оцінювання фото (рис. 1).

У результаті подальшого аналізу виявлено, що найсуттєвіша різниця в середній оцінці за різних умов проведення дослідження спостерігається восени в межах Маріїнського парку – 21,2 %, а найменша – в цей самий період у парку «Слава», а саме 1,4 %. Цікавим є той факт, що незначна (2,2 %) різниця у балах, наданих за різних умов проведення досліджень, спостерігається взимку в парку «Слава», а в межах Маріїнського парку різниця між

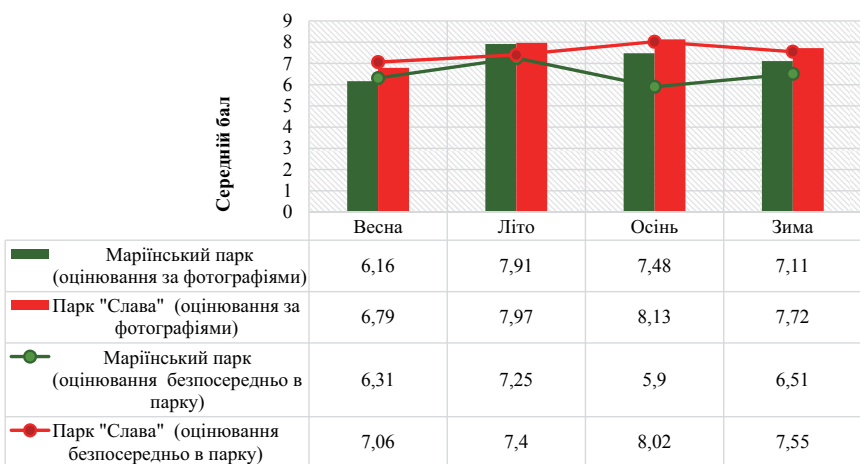


Рис. 1. Структура оцінки естетичних якостей пейзажів дослідних об'єктів упродовж року

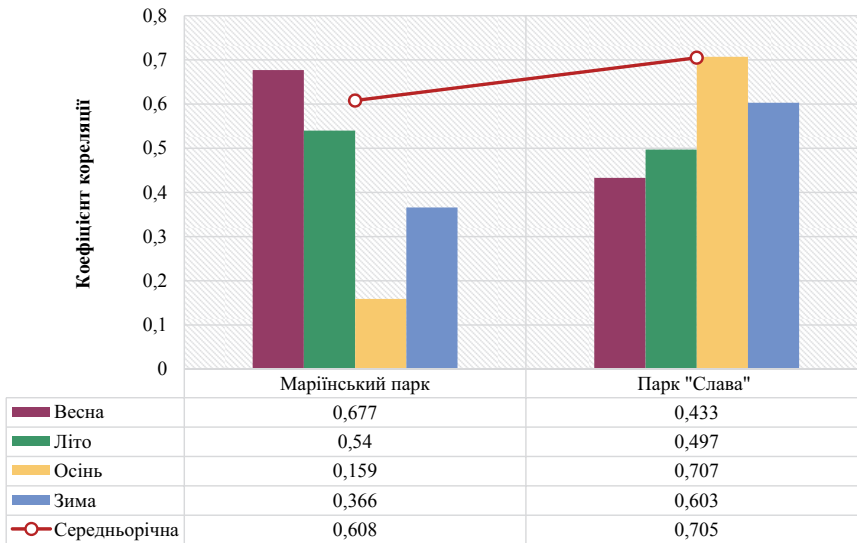


Рис. 2. Структура кореляційних зв'язків між балами естетичної оцінки, наданої респондентами із застосуванням різних способів проведення досліджень у межах сезонів

балами в цей період перебуває на рівні 8,4 % та є подібною до різниці між оцінками в літній період (8,3 %). Різниця середньорічних оцінок залежно від способу проведення досліджень – на рівні 0,93 % (парк «Слава») та 8,4 % (Маріїнський парк). При цьому в обох випадках оцінка є вищою за умов оцінювання пейзажів за фотографіями.

З огляду на неоднозначність оцінок естетичних якостей пейзажів дослідних об'єктів, отриманих у різні сезони та за різних способів проведення дослідження, здійснено аналіз кореляційних зв'язків між балами, наданими респондентами в межах кожного сезону (рис. 2), а також між сезонами. В результаті виявлено суттєві відмінності у кореляційних зв'язках як у межах дослідних об'єктів, так і поміж сезонами: сильна кореляція (0,707) спостерігається між естетичною оцінкою осінніх пейзажів парку «Слава», наданою із застосуванням різних способів

проведення досліджень, а також між середньорічними балами.

Водночас, зв'язок між естетичною оцінкою осінніх пейзажів Маріїнського парку, наданою респондентами безпосередньо в парку та із застосуванням фото, є слабким (0,159), а кореляція між середньорічними оцінками – значна (0,608). Відмінності спостерігаються і упродовж решти сезонів. Зокрема, виявлено значну кореляцію за результатами оцінювання весняних і літніх пейзажів Маріїнського парку (0,67 та 0,54 відповідно) поряд із помірною упродовж наведених сезонів при оцінюванні парку «Слава» (див. рис. 2). У зимовий період ситуація змінюється на протилежну: значна (0,603) кореляція між оцінками пейзажів парку «Слава» та помірна (0,366) Маріїнського парку.

Зважаючи на значну кореляцію між оцінками естетичних якостей Маріїнського парку у весняно-літній

період, слабку та помірну восени і взимку відповідно, а також суттєве зниження балів, наданих респондентами безпосередньо в парку упродовж осінньо-зимового періоду, можна припустити наявність негативного впливу середовища на сприйняття естетичних якостей пейзажів дослідного об'єкта. Іншою є ситуація при оцінюванні парку «Слава», де помірна кореляція спостерігається саме упродовж весняно-літнього періоду, а сильна та значна – восени і взимку. Протилежні результати, отримані у межах дослідних об'єктів, підтверджують дані Zube et al. (1974), котрі зауважують наявність пейзажів, оцінювання яких за фото та в середовищі має суттєві відмінності, а також тих, які сприймаються подібним чином незалежно від способу проведення оцінювання. Поряд із тим, однозначною є мінливість естетичної оцінки, що зумовлена сезонною динамікою, яка спостерігається в межах обох дослідних об'єктів.

Зосереджуючи увагу на впливі сезонної динаміки на естетичну оцінку паркових пейзажів, проведено аналіз (у тому числі кореляційний) естетичної оцінки пейзажів між різними сезонами (рис. 3).

Значна кореляція спостерігається між бальними оцінками осінніх і зимових пейзажів обох дослідних об'єктів за умов застосування фото, а також при оцінюванні Маріїнського парку безпосередньо в середовищі. Своєю чергою в парку «Слава» кореляція між оцінками упродовж зазначеного періоду за умов оцінювання безпосередньо на об'єкті є сильною (0,873). Поряд із тим, слабкі кореляційні зв'язки виявлено в межах дослідних об'єктів між осінніми та весняними пейзажами, які не мають суттєвих відмінностей відповідно до способу проведення дослідження (рис. 3).

Помірна кореляція спостерігається між оцінкою зимових і весняних пейзажів за умов проведення оціню-



Рис. 3. Структура кореляційних зв'язків між естетичною оцінкою, наданою респондентами упродовж різних сезонів

вання за фото та знижується до слабкого при проведенні дослідження безпосередньо в парковому середовищі. Такі обставини дають підстави припустити подібність естетичних якостей осінніх і зимових пейзажів, суттєві відмінності осінніх і весняних, а також зимових і весняних у межах обох дослідних об'єктів.

У решті випадків виявлено суттєві відмінності в межах дослідних об'єктів. Зокрема, сильна кореляція між оцінкою пейзажів Маріїнського парку спостерігається упродовж весняно-літнього періоду незалежно від способу проведення дослідження (рис. 3), водночас кореляція між оцінками естетичних якостей пейзажів парку «Слава» упродовж наведених сезонів слабка (оцінювання за фото) та помірна (оцінювання в середовищі). Зв'язки між бальними оцінками літніх та осінніх пейзажів, а також зимових і літніх діаметрально протилежні в межах дослідних об'єктів: значний (оцінювання за фото) та сильний (оцінювання в середовищі) в парку «Слава» на противагу слабкому і помірному (оцінювання за фото) та дуже слабкому (оцінювання в середовищі) в Маріїнському парку. Отже, подібними є естетичні якості весняних та літніх пейзажів Маріїнського парку, літніх та осінніх, а також зимових та літніх пейзажів парку «Слава».

Окремо доцільно зазначити різницю у силі кореляції між бальною оцінкою естетичних якостей пейзажів дослідних об'єктів щодо способу проведення досліджень. Зокрема, в межах Маріїнського парку кореляційні зв'язки між оцінкою пейзажів майже в усіх випадках тісніші за умов застосування фото, натомість у парку «Слава» – в середовищі (рис. 3).

Висновки і перспективи. Підсумовуючи аналіз взаємозв'язку бальної оцінки естетичних якостей паркових пейзажів, можна зробити такі узагальнення.

На естетичні якості паркового середовища найсуттєвіше впливає сезонна динаміка, яка визначає особливості мінливості оцінки, як у межах дослідних об'єктів, так і відповідно до способу проведення досліджень. Найсуттєвіші (21,1 %) відмінності естетичної оцінки щодо способу проведення досліджень виявлено при оцінюванні осінніх пейзажів Маріїнського парку. В парку «Слава» ситуація є протилежною: різниця в середніх балах як у межах сезонів, так і відповідно до способу проведення досліджень не перевищує 7,5 % (при оцінюванні літніх пейзажів). Подібним для обох дослідних об'єктів є незначне (2,4–4,0 %) підвищення оцінки навесні за умов оцінювання безпосередньо в парку порівняно із фотографіями.

Послаблення кореляції між оцінками естетичних якостей пейзажів Маріїнського парку, наданих респондентами за умов застосування різних способів дослідження восени та взимку, а також суттєве зниження балів, отриманих безпосередньо в парку упродовж цього періоду, можуть свідчити про негативний вплив середовища на сприйняття естетичних якостей пейзажів цього об'єкта. Інші особливості спостерігаються при оцінюванні парку «Слава», де помірну кореляцію визначено саме упродовж весняно-літнього періоду, а сильну та значну – восени і взимку.

Результати кореляційного аналізу середніх балів пейзажів у різні сезони показали різницю у силі кореляції між бальною оцінкою естетичних якостей пейзажів залежно від способу прове-

дення досліджень: у межах Маріїнського парку кореляційні зв'язки між оцінкою пейзажів майже в усіх випадках тісніші за умов застосування фото, а у парку «Слава» – в середовищі.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на проведення аналізу факторів, які впливають на естетичне сприйняття паркових пейзажів, і визначення доцільності застосування того чи того способу оцінювання.

Список літератури

- Bennett, N. J. (2016). Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 30 (3), 582–592. doi:10.1111/cobi.12681
- Danford, S., & Willems, E. P. (1975). Subjective responses to architectural displays: a question of validity. *Environ. Behavior* 7 (4), 486–516.
- Dramstad, W. E., Tveit, M. S., Fjellstad, W. J., & Fry, G. L. A. (2006). Relationships between visual landscape preferences and map-based indicators of landscape structure. *Landscape and Urban Planning*, 78 (4), 465–474.
- Farahani, L. M., & Maller C. (2018). Perception and Preferences of Urban Greenspaces: A Literature Review and Framework for Policy and Practice. *Landscape Online*, 61, 1–22. doi 10.3097/LO.201861
- Gungor, S., & Polat, A. T. (2018). Relationship between visual quality and landscape characteristics in urban parks. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 19 (2), 939–948.
- Hofmann, M., Westermann, J. R., Kowarik, I., & van der Meer, E. (2012). Perceptions of parks and urban derelict land by landscape planners and residents. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11 (3), 303–312.
- Jay, M., & Schraml, U. (2009). Understanding the role of urban forests for migrants – uses, perception and integrative potential. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8 (4), 283–294. doi:10.1016/j.ufug.2009.07.003
- Oleksiichenko, N., & Gatalska, N. (2018). Features of the influence of the environment on the estimation of aesthetic qualities of park landscapes: theoretical and applied aspects. *Proceedings of the Forestry Academy of sciences of Ukraine*, 17, 72–84 (in Ukrainian). doi.org/10.15421/411822
- Oleksiichenko, N., Gatalska, N., & Mavko, M. (2018). Theoretical and methodological principles of memorial parks three-dimensional composition and ideological lines expressing means complex assessment. *Landscape Architecture and Art*, 12 (12), 22–32 (in Ukrainian). doi:10.22616/j.landscapeart.2018.12.02
- Osychenko, G. O. (2014). Classification of the aesthetic qualities of the urban environment. *New University*, 3–4, 28–34 (in Ukrainian).
- Palmer, J. F., & Hoffman, R. E. (2001). Rating reliability and representation validity in scenic landscape assessments. *Landscape and Urban Planning*, 54 (1–4), 149–161. doi:10.1016/s0169-2046(01)00133-5
- Polat, A. T., & Akay, A. (2015). Relationships between the visual preferences of urban recreation area users and various landscape design elements. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14 (3), 573–582. doi.org/10.1016/j.ufug.2015.05.009
- Sang, N., Miller, D., & Ode, A. (2008). Landscape metrics and visual topology in the analysis of landscape preference. *Environment and Planning B-Planning & Design*, 35 (3), 504–520. doi:10.1068/b33049
- Shelby, B., & Harris, R. (1985). Comparing methods for determining visitor evaluations of ecological impacts – site visits, photographs, and written descriptions. *Journal of Leisure Research*, 17 (1), 57–67.
- Shuttleworth, S. (1980). The use of photographs as an environment presentation medium in landscape studies. *Journal of Environmental Management*, 11 (1), 61–76.

- Stamps, A. E. (1990). Use of photographs to simulate environments – a meta-analysis. *Perceptual and Motor Skills*, 71 (3), 907–913. doi:10.2466/pms.1990.71.3.907
- Stamps, A. E., III. (2010). Use of static and dynamic media to simulate environments a meta-analysis. *Perceptual and Motor Skills*, 111 (2), 355–364. doi:10.2466/22.24.27.pms.111.5.
- Thorpert, P., & Nielsen, A. B. (2014). Experience of vegetation-borne colours. *Journal of Landscape Architecture*, 9 (1), 60–69. doi.org/10.1080/18626033.2014.898834
- Trent, R. B., Neumann, E., & Kvaszny, A. (1987). Presentation mode and question format artifacts in visual assessment research. *Landscape and Urban Planning*, 14 (3), 225–235. doi:10.1016/0169-2046(87)90032-6
- Zube, E. H., Pitt, D. G., & Anderson, T. W. (1974). Perception and Measurement of Scenic Resources in the Southern Connecticut River Valley. (Pub. No. R-74-1) Institute for Man and His Environment, University of Massachusetts, Amherst, MA, 191.
-

N. V. Gatal'ska (2019). Equivalence of evaluation of aesthetic qualities of a park environment by different research methods. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2): 81-90. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.081>.

The study of the aesthetic qualities of the landscape can include both expert evaluation and public opinion. During the last decade, there has been an increase in attention from the side of scientists to public involvement in assessing the aesthetics of landscapes. At the same time, the question of ways of studying the aesthetic qualities of the park environment with the involvement of respondents and identifying those that will contribute to obtaining reliable results in accordance with the tasks is debatable in the sources of scientific literature.

The purpose of the study is to determine the equivalence of assessments of the aesthetic qualities of the park environment, obtained using different methods of research. The Mariinsky Park and the park "Slava", located in the central historical part of Kyiv, have been selected as research targets. 42 people were involved in the study. The evaluation was held using photographs illustrating park landscapes and directly in the park environment, which was carried out four times a year - in spring, summer, autumn, and winter. Pearson correlation analysis was used to analyze the data.

It was established that the estimation of the aesthetic qualities of the landscapes of the Mariinsky park is different both within the seasons and in relation to the method of conducting the research. The most significant (21.1 %) difference between the assessments given in the photo and directly in the environment was revealed in the fall. In the park "Slava" the situation is different - the difference in the average score, both within the seasons, and according to the method of conducting the research does not exceed 7.5 %. Similar to both experimental objects, a slight (2.4-4.0 %) increase in the estimation of spring landscapes is evaluated directly in the park as compared to the photographs.

The results of the correlation analysis of the aesthetics of the landscape of experimental objects received in different seasons shown a difference in the correlation strength in accordance with the method of conducting research – within the Mariinsky Park correlation links in almost all the cases are closer than the use of the photo, while in the park "Slava" – in the environment.

Keywords: park landscape perception, landscape assessment methodology, seasonal dynamics, correlation analysis.

Отримано : 12.11.2018 р.

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЦІЛЬОВОГО КОЛОРИТУ ПАРКУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА У М. КИЄВІ

Н. О. Олексійченко, доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри ландшафтної архітектури та фітодизайну,
М. С. Мавко, аспірантка кафедри ландшафтної архітектури та
фітодизайну,*

Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: olex@nubip.edu.ua

Колористика в ландшафтній архітектурі є перспективним, проте недостатньо дослідженим напрямом, який дасть змогу як поліпшити естетику, так і сформувати середовище відповідно до функціональних та тематичних особливостей садово-паркового об'єкта. Метою дослідження є аналіз наявної наукової інформації щодо колірного вирішення об'єктів ландшафтної архітектури залежно від їхнього функціонального та тематичного навантаження, оцінювання колористичних особливостей паркового середовища та розробка рекомендацій із формування його цільового колориту. Дослідним об'єктом обрано парк імені Тараса Шевченка у м. Києві. Оцінювання колориту ландшафту проводили за методикою Oleksiichenko et al. (2018), що передбачала фотофіксацію основних видових точок парку впродовж чотирьох пір року, обробку фото за допомогою графічного редактора та визначення основних кольорів і їх відсоткового співвідношення. Під час визначення функціональних особливостей парку керувалися класифікаціями за Rodichkin (1990), Kucheriaviy (2005), Teodornskiy et al. (2011) та ін.

У процесі дослідження проаналізовано залежність колористичного вирішення об'єкта ландшафтної архітектури відповідно до його функціонального призначення. Визначено та порівняно кольорові гами, в яких сформований колорит парку ім. Т. Шевченка в різні періоди року. Загалом у парковому колориті переважає зелена гама кольорів (25,3–41,3 %), за винятком зимового колориту (1,4 %), через обмеженість асортименту вічнозелених рослин, та сіра колірна гама, яку формують замощені території (27,7–44,6 %). Щодо впливу наявного паркового колориту на психоемоційний стан відвідувачів можна зробити висновок, що він сприятливий як для навчальної роботи, так і для відпочинку, попри те, що в зимовий період часу тут переважають ахроматичні кольори, їх дещо гнітючий ефект урівноважується колірними акцентами (9,9 %). Підібрано

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор Н. О. Олексійченко.

колірні гами для формування цільового колориту парку, який сприятиме відтворенню функцій різних паркових зон (меморіальної, дитячої, прогулянкової та ін.), та носії кольору, за рахунок яких можна внести зміни до колориту на етапі реконструкції об'єкта.

Ключові слова: колорит ландшафту, функціональний (цільовий) колорит, насадження, парк, пори року..

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Використання впливу кольору в ландшафтній архітектурі являє собою перспективний напрям, який дасть змогу використовувати колористику для формування середовища садово-паркового об'єкта відповідно до функціональних і тематичних особливостей. Як стверджує Ulrich (1979), потенціал і психологічні «ресурси» ландшафтів для зменшення або підвищення тривоги та впливу на інші аспекти емоційного стану спостерігача досліджені недостатньо, що необхідно обов'язково враховувати під час планування та проектних рішень. Проте досі психологічному впливу природного середовища приділено недостатньо уваги, зокрема й в аспекті колірного впливу.

Відповідно до літературних джерел, існує чітка залежність між колірним вирішенням та функцією об'єкта (Frieling & Auer, 1973; Blokhin, 1977; Stepanov, 1985; Serdyuk & Kurt-Umerov, 1987; Panksenov, 1988; Kobayashi, 1991; Bos, 2008), що зумовлено психофізіологічною дією кольорів на людину. Спосіб відображення функціонального призначення об'єкта в його колориті широко використовують в архітектурі та дизайні інтер'єру (Stepanov, 1985). Колірні теми для різних типів просторів рекомендує розробляти О. Н. Вороніна (Voronina & Voronina, 2007). Як наголошує Н. Є. Трегуб, запроектована поліхромія має чинити на людей запланований вплив (Trehub, 2006).

Тому за визначеного основного функціонального призначення парку або зони можна сформувати колорит цілеспрямованої дії, який би створював сприятливу атмосферу для відвідувачів, посилював основну функцію парку та був носієм відповідного ідейного навантаження. Психологічний підхід до проектування предметно-просторового середовища висвітлено у методиці S. Kobayashi (1991), яка полягає у пошуку ключових слів і відповідних для них кольорів («колірні карти»), дає змогу створювати цільовий колорит інтер'єрів. Подібний підхід для проектування колориту об'єктів ландшафтної архітектури застосовує T. Bos (2008).

Питанню впливу кольору на інтелектуальні процеси в літературі приділено достатньо уваги (Frieling & Auer, 1973; Elliot & Maier, 2014; Bakker, 2014; C. von Castell et. al., 2018). Поряд із фізіологічним та емоційним впливом кольору, I. C. Bakker (2014) виокремлює також когнітивний. Проаналізувавши наявні дослідження зі впливу кольору на процеси мислення та працездатності, можна сформувати узагальнену схему впливу кольорів на когнітивні процеси. Зокрема, Frieling and Auer (1973) не рекомендують фарбувати темними, холодними, сірими кольорами ті приміщення, в яких люди займаються розумовою діяльністю. Оптимальним колірним оточенням вважають поєднання зеленого та жовтого кольорів, які створюють сприятливі умови для розумової роботи. Аналіз колориту

ландшафту закладів вищої освіти (ЗВО) поданий у роботах Н. О. Олексійченко та М. В. Крачковської (Oleksiiichenko & Krachkovska, 2016). Виявлено, що панівними на територіях ЗВО м. Києва є кольори ахроматичної гами, частка яких змінюється залежно від сезонів року від 50,4 до 84,9 %. Це надто високий показник, що може спричиняти негативні емоції й апатію до навчання. Хроматична гама становить 15,1–49,6 % та сформована зеленими (1,3–33,1 %), жовто-коричневими (1,4–18,3 %), блакитно-синіми (4,4–13,7 %) і помаранчево-червоними (0,2–1,6 %) кольорами. Особливу увагу в колористичному оформленні ЗВО варто приділити саме осінньому періоду року.

Мета дослідження: аналіз наявної наукової інформації щодо колірного вирішення об'єктів ландшафтної архітектури залежно від їхнього функціонального та тематичного навантаження, оцінювання колористичних особливостей паркового середовища та розробка рекомендацій із формування його цільового колориту.

Матеріали і методи дослідження. Дослідним об'єктом обрано парк імені Тараса Шевченка, який розташований у Шевченківському районі м. Києва, навпроти головного корпусу Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Оцінювання колориту ландшафту проводили за методикою Н. О. Олексійченко, Н. В. Гатальської, М. С. Мавко (Oleksiiichenko et al., 2018). Визначення видових точок проводили на основі аналізу основних напрямків руху на території парку, розташування місць відпочинку, композиційних і сезонних акцентів. Виокремлені видові точки наносили на план парку з подальшим проведенням посезонної фотофіксації обраних пейзажів: взимку, восени, навесні та влітку. Для аналізу колориту видових точок фотознімки обробляли

за допомогою стандартних операцій програми «GIMP Image Manipulation Program», версія 2.8. З усіх відтінків, які наявні на фотографії, виділяли 15–20 панівних кольорів за допомогою індексації зображення. Потім обчислювали частки, які займає кожен із кольорів (за гістограмою кольорів), а за отриманими співвідношеннями будували діаграми (Oleksiiichenko et al., 2018). Ці обчислення можна провести у графічному редакторі, водночас із метою оптимізації процесу опрацювання даних у співпраці з іншими авторами було розроблено веб-додаток, який дає змогу значно пришвидшити цей процес (розробник М. П. Мавко). Dodatok opublikovaniy ta perebuvaє u vільnomu dostupі (Color analysis, 2018).

Для оцінювання наявного колориту проведено дослідження видових точок і визначено кольорові гами, які панують у парку впродовж року. З цієї метою було виділено близько 20 основних видових точок (рис. 1), проведено їх фотофіксацію в різні періоди часу: восени (23 вересня 2012 р.), взимку (22 грудня 2013 р.), навесні (2 травня 2013 р.) та влітку (9 серпня 2013 р.). Додатково було проведено фотообстеження для визначення посезонних колірних акцентів упродовж 2016–2017 рр.

Зважаючи на залежність між функцією, тематичним навантаженням та ідеологічним контекстом об'єкта та його колоритом, при оцінюванні колористичних особливостей паркових ландшафтів проведено детальний аналіз функціональних особливостей паркових територій на сучасному етапі (див. рис. 1). Під час визначення функціональних особливостей парку керувалися класифікаціями Д. І. Родічкіна (Rodichkin, 1990), В. П. Кучерявого (Kucheriavyi, 2005), В. С. Теодоронського (Teodornskiy et al., 2011) та ін.



Рис. 1. Схема розміщення видових точок і функціонального зонування парку ім. Т. Шевченка

Результати дослідження та їх обговорення. Коротко охарактеризуємо дослідний об'єкт із погляду містобудівельної ситуації, планувальних особливостей та асортименту насаджень. Парк імені Т. Шевченка з усіх сторін обмежений міським ландшафтом: із півночі – бульваром Т. Шевченка, зі сходу вул. Терещенківською, з південного боку – вул. Л. Толстого, із заходу – вул. Володимирською. Парк заклав у 1860-х рр. садівник Карл Христіані під назвою Університетський сквер. Нині охоплює площу 5,28 га (відповідно до даних Реєстру парків м. Києва). З 1972 р. має статус парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення (рішення виконкому міськради

від 20 березня 1972 р. № 363). Для парку характерне регулярне планування дорожньо-стежкової мережі, яка замикається кільцевою алеєю. У паркових насадженнях переважають листопадні дерева, зокрема *Acer platanoides* L., *Aesculus hyppocastanum* L., *Tilia cordata* Mill., *Fraxinus excelsior* L., з-поміж хвойних широко трапляються *Picea pungens* Engelm., *P. abies* (L.) Karst., *Thuja occidentalis* L. Також у парку широко використовують гарноквітучі дерева й кущі: *Magnolia soulangeana* Soul., *Malus niedzwetzkyana* Dieck, *Forsythia europaea* Deg. et Bald., *Spiraea media* Schmidt, квітникове оформлення. На території парку розташовані такі споруди: будинок дитячої творчості,

громадська вбиральня, кав'ярня, кафе-ресторан «Опанас», які здебільшого не вписані в паркову композицію за стилістикою. Паркові малі архітектурні форми (МАФи) були представлені розмаїттям розфарбованих лав, які у 2015 р. замінені на лави вигадливих геометричних форм, переносною сценою, бюветом, обладнанням дитячого майданчика та майданчика для ігор у шахи, а також мережею стихійних торгових кіосків, які теж за стилістикою не поєднуються із середовищем парку. Оскільки парк оточує урбаністичний ландшафт, що зумовлено містобудівельною ситуацією, він, здебільшого, виконує функції транзиту та короткочасного відпочинку. На територію парку припадає високе рекреаційне навантаження.

Зосереджуючись на аналізі посезонного колориту парку, варто зазначити, що восени в ньому переважає тепла коричнево-жовто-зелена гама осіннього листя і трави: теплі відтінки зеленого становлять 25,3 %, жовто-коричневі – 15,4 %, також значну частину займає сірий колір

мощення (38,7 %). Аналіз багаторічних досліджень показав, що квітники у парках відіграють роль акцентів: червоний колір (*Salvia splendens* L.) – 1,9 %, фіолетовий (*Ageratum houstonianum* Mill.) – 0,5 %, рожевий (*Begonia semperflorens* Link et Otto) – 0,3 %, жовтий (*Tagetes erecta* L.) – 0,1 % та інші, й займають 5,6 % у загальному колориті парку. Забарвлення жовтого і червоного корпусів університету, яке проглядається крізь крони, становить 0,6 і 0,8 % відповідно. Значний вплив на яскравість кольорів має сонячність погоди і власне забарвлення неба, яке восени є блакитно-сірого кольору і займає 10,4 % у колориті видових точок. В осінньому колориті всі кольори мають низьку насиченість і теплі відтінки (рис. 2).

Взимку парковий колорит кардинально змінюється: домінують відтінки ахроматичної гами, яку формують кольори снігу (світло-сірі відтінки – 26,6 %), мощення доріжок (темно-сірі відтінки – 44,6 %) і мокрих від вологості стовбурів дерев,

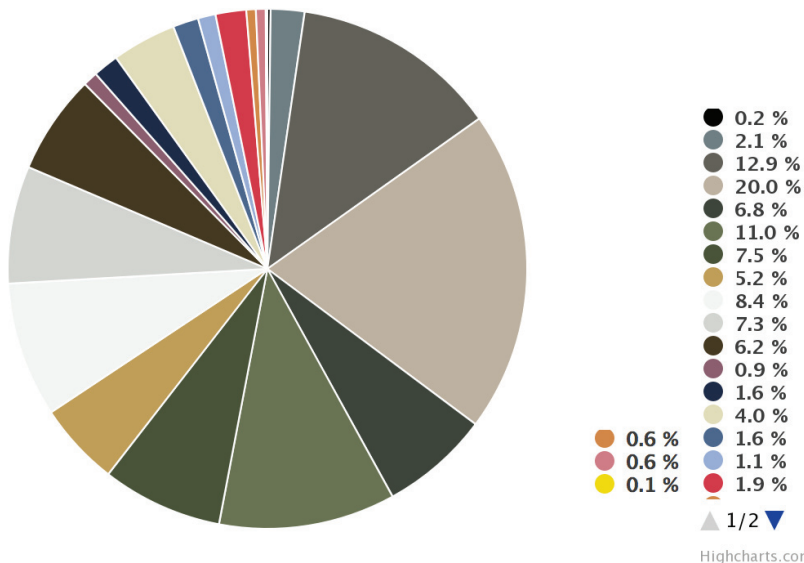


Рис. 2. Співвідношення кольорів у осінньому колориті парку ім. Т. Шевченка

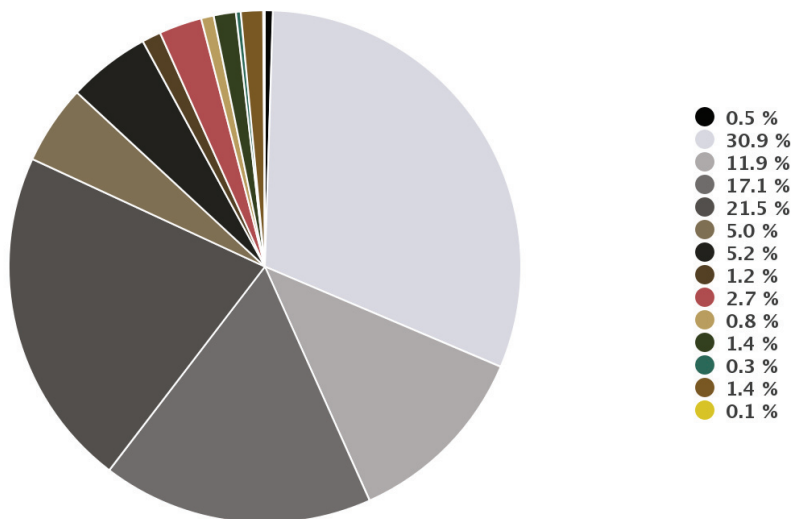
які забарвлені в темно-коричневий, майже чорний колір (6,9 %). Оскільки в парку невелика кількість вічно-зелених насаджень, то частка зеленого кольору незначна – лише 1,4 %.

Вагомий внесок у колірну гаму зимового колориту роблять постійні колірні носії (9,9 %), а саме будівлі, які оточують паркову територію по периметру: червоний (2,7 %) і жовтий (1,4 %) корпуси університету та інші будинки (жовто-сірі відтінки – 5,8 %). Також привертають увагу своїм забарвленням малі архітектурні форми (розфарбовані лави та дитячий майданчик), хоча їхня частка незначна – 0,4 %. Небо взимку забарвлене у світло-сірий колір, його частка становить 10,3 %. Детальніше кольори, які формують зимовий колорит парку, наведено на діаграмі (рис. 3).

Навесні в парку переважають яскраві зелені відтінки насаджень, які становлять 41,2 % у загальному колориті, а також світло-сірі відтінки заможених територій (27,7 %). Роль акцентів віді-

грають яскраво-червоний колір квітників (*Tulipa hybrida* Hort. L.) – 0,5 %, рожеві відтінки красиво-квітучих видів дерев, а саме: *Magnolia soulangeana* Soul., *Malus niedzwetzkyana* Dieck. – 2,7 %, жовтий колір *Forsythia europaea* Deg. et Bald. – 0,2 % (рис. 4). Для весни характерне яскраво-блакитне забарвлення неба, його частка у колориті видових точок становить 9,8 %. Навесні колористика парку значно багатша та яскравіша, ніж восени або взимку (рис. 5).

Що ж до літнього колориту парку, то він представлений у сіро-зеленій гамі, яку формують зелений колір насаджень (41,3 %) і сіре мощення (34,3 %). Кольори квітників становлять 3,3 % у загальному колориті парку, зокрема: жовтий (*Sedum acre* L.) – 2,2 %, помаранчевий (*Tagetes erecta* L.) – 0,5 %, рожевий (*Petunia hybrida* hort. ex Vilm.) – 0,4 % та червоний (*Salvia splendens* L.) – 0,2 %. Корпуси університету значно менше, ніж взимку, проглядаються крізь крони дерев, їхня частка у парковому колориті становить 1,7 % (черво-



Highcharts.com

Рис. 3. Співвідношення кольорів у зимовому колориті парку ім. Т. Шевченка

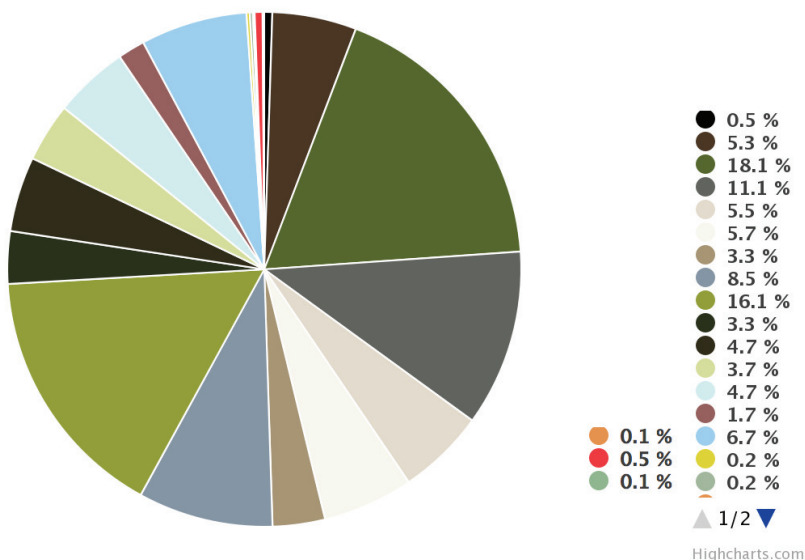


Рис. 4. Весняні акценти у колориті видових точок

ний – 1 %, жовтий – 0,7 %). Небо також менше проглядається крізь крони, його частка в колориті видових точок становить 7,7 % (світло-блакитний колір). Кольори влітку, завдяки сонячному освітленню, представлені яскравими, насиченими відтінками (рис. 6).

У результаті проведеного аналізу ми визначили та порівняли кольорові гами, у яких сформований колорит парку ім. Тараса Шевченка, в різні пори року. Загалом у парковому колориті переважає зелена гама кольорів, за

винятком зимового колориту, через обмежений асортимент вічнозелених насаджень, та сіра колірна гама, яку формують замошені території. Основними носіями кольору є мінливі, а саме: листопадні деревні насадження, небо, квітники та постійні носії кольору (мощення доріжок і майданчиків, будівлі), частка умовно-змінних колірних носіїв незначна (вічнозелені насадження, малі архітектурні форми). Небо є найбільш мінливим носієм кольору (його забарвлення може набувати білого, сі-



рого або блакитного кольору залежно від погодних умов, а також частка неба у паркових пейзажах може варіювати, що зумовлено кількістю просвітів у кроні дерев, яка змінюється упродовж вегетаційного періоду), на нього немає впливу, тому це необхідно враховувати під час формування паркового колориту, перекриваючи його іншими яскравими кольорами, особливо в осінньо-зимовий період, коли переважають похмурі дні. Яскраво видно вплив кліматичних чинників, зокрема й погодних умов, на колорит ландшафту, якщо порівнювати зимовий і літній пейзажі (рис. 7). Погодні умови зумовлюють те чи те освітлення і отже різний баланс світла-тіні, що, своєю чергою, впливає на відтінок та частку забарвлення навіть таких постійних кольороносіїв, як мощення. Детальніше про мінливість колориту у природньому середовищі див. у праці М. С. Мавко (2018).

У формуванні паркового колориту впродовж року беззаперечно важливе значення мають колірні акценти,

де основними є квітники, навесні це красивоквітучі види дерев, для зимового колориту – МАФи та будівлі, які оточують паркову територію, зокрема корпуси університету.

Як характерну особливість парку імені Т. Шевченка слід вказати досить велику частку колірних акцентів, яка у різні пори року коливається від 4,6 до 9,9 %. Відповідно, частка кольорів довколишньої забудови зростає взимку, коли насадження перебувають у безлистяному стані і міський ландшафт проглядається (рис. 8). Наявність таких колірних плям важлива для формування колориту парку та його психоемоційної атмосфери.

Оцінювання наявного колориту парку здійснено з метою аналізу сприяння його панівним функціям парку. Визначено класифікаційну належність парку імені Т. Шевченка, його функціональні зони та основні функції, які він виконує на сучасному етапі (табл. 1). Встановлено, що парк імені Т. Шевченка є поліфункціональним.

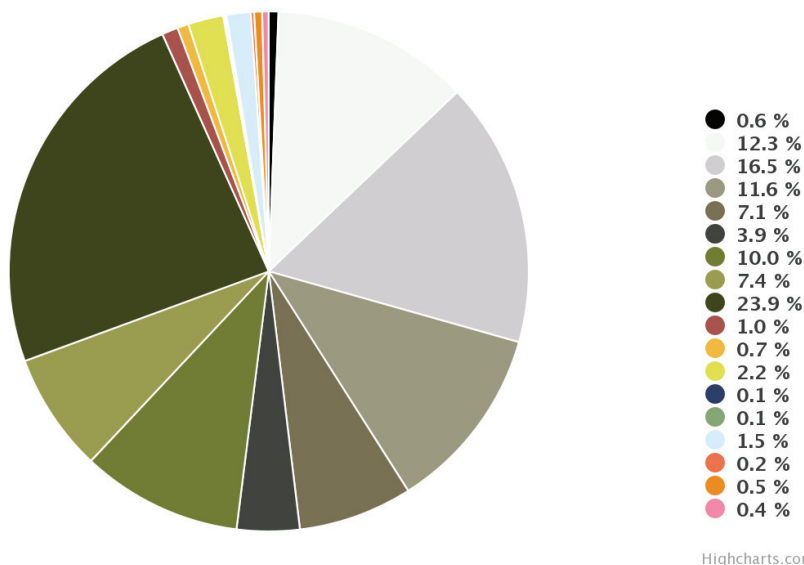


Рис. 6. Співвідношення кольорів у літньому колориті парку ім. Т. Шевченка

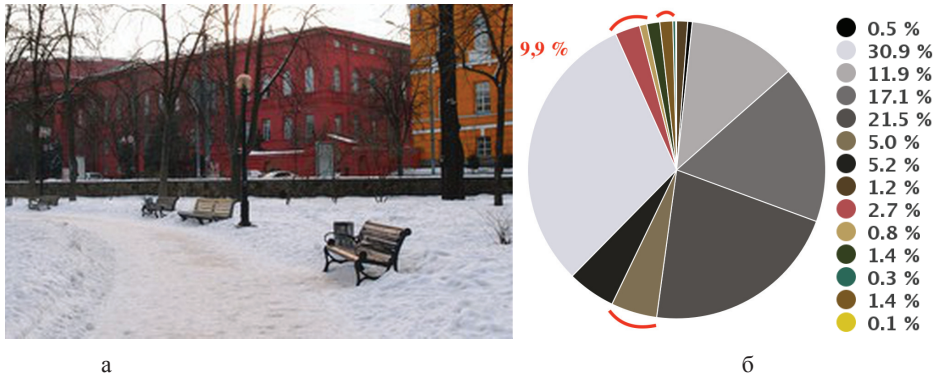


Рис. 8. Колірні акценти у зимовому колориті парку імені Т. Шевченка: а – будівлі університету; б – частка забарвлення довколишньої забудови в загальному колориті парку

Оскільки парк розташований поблизу навчальних корпусів Київського національного університету імені Тараса Шевченка, важливим є забезпечення сприятливої атмосфери для навчання студентів і для відпочинку відвідувачів за допомогою колористичної організації паркової території. Потрібно враховувати також історичний контекст, адже парк було закладено саме як університетський сквер, про що йшлося вище. Тож цю функцію парку можна вважати панівною. Разом із тим, окрім зазначеної основної, парк виконує й низку додаткових функцій та поєднує різні функціональні зони у своєму складі. Така багатофункціональність зумовлює складнощі у формуванні цільового колориту парку, тому кожному

функціональну зону потрібно розглядати окремо або використовувати спосіб акцентування основних видових точок. Під цільовим (функціональним) колоритом розуміємо колорит середовища, який сформовано відповідно до ідейного задуму, функціонального призначення об'єкта (чи окремої зони) або тематичного навантаження з урахуванням психофізіологічного впливу кольору на людину (Oleksiiuchenko et al., 2018; Mavko, 2018).

Варто зазначити, що червоний (як акцент), жовтий, помаранчевий, зелений кольори та їхні світлі відтінки, а також контрасти додаткових кольорів сприятливим чином впливають на розумову діяльність і можуть бути використані для формування функціонального

1. Функціональні особливості парку імені Тараса Шевченка

Тип парку за функціональним призначенням, природоохоронний статус	Провідна та другорядна функції парку	Функціональна зона
– поліфункціональний; – парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення	1 – сприяння навчальному процесу; 2 – прогулянка, транзитна, тихого відпочинку, відпочинку дітей, меморіальна та культурно-просвітницька	– прогулянок і тихого відпочинку; – дитяча; – меморіальна зона

Примітка: 1 – провідна функція парку; 2 – другорядні функції парку (на сучасному етапі).

(цільового) колориту парків біля ЗВО, територій навчальних закладів, науково-дослідницьких зон (Oleksiichenko et al., 2018; Mavko, 2018).

Щодо впливу наявного паркового колориту на психоемоційний стан відвідувачів можна зробити висновок, що він сприятливий як для навчальної роботи (червоний, жовтий, помаранчевий кольори), так і для відпочинку (зелений колір). І хоча в зимовий період часу тут переважають ахроматичні кольори (сірий – 22,4 %, темні синьо-чорні кольори мокрих стовбурів дерев – 22,3 %), їх дещо гнітючий

ефект урівноважується колірними акцентами (забарвлення навколишньої забудови, зокрема червоний і жовтий корпуси університету, та МАФів).

Грунтуючись на результатах аналізу функціонального призначення парку імені Т. Шевченка та наявного колориту пейзажів парку, підібрано основні кольори, що сприятимуть відтворенню функцій різних паркових зон (див. рис. 1) та запропоновано носії кольору, за допомогою яких краще вносити зміни в конкретному випадку (табл. 2). Це дасть змогу сформувати психологічно комфортне середовище для відвідувачів, що

2. Запропоновані цільові кольори та носії кольору для парку імені Тараса Шевченка

Функції парку та відповідні зони	Функціональні кольори	Носії кольору
1) сприяння навчальному процесу, транзитна функція (північно-східна і центральна частини парку)	– червоний (як акцент); – жовтий; – помаранчевий	– умовно-змінні (невеликі за площею МАФи); – мінливі (квітникове оформлення, солітери – дерева і кущі)
2) прогулянки і тихий відпочинок (зона прогулянок і тихого відпочинку) – блакитний; – синій; – фіолетовий (як акцент); – зелений (значні площі) – умовно-змінні (вічнозелені дерева та кущі); – мінливі (квітникове оформлення)		
3) відпочинку дітей (дитяча зона)	кольори відповідно до вікових категорій дітей: – до 9 років – пурпуровий, червоний, рожевий (особливо дівчатка); – 9–12 років – помаранчевий, жовтий, жовто-зелений, зелений; – після 12 років – відтінки блакитного і синього кольорів	– умовно-змінні (обладнання дитячого майданчика, лави і урни в зазначеній зоні); – мінливі (кущі, невисокі дерева)
4) меморіальна, культурно-просвітницька (зона біля пам'ятника Т. Шевченку)	кольори, відповідно до ідейного задуму (наприклад, українські національні кольори)	– постійні (мощення площі); – мінливі (квітникове оформлення, газон)

відповідатиме ідейному задуму об'єкта та його функціональному призначенню на етапі реконструкції.

Висновки і перспективи. У процесі дослідження проаналізовано наявну наукову інформацію щодо залежності колористичного вирішення об'єкта відповідно до його функціонального призначення та тематичного навантаження. Встановлено, що існує чітка залежність між колірним вирішенням та функцією об'єкта, що зумовлено психофізіологічною дією кольорів на людину.

За результатами оцінювання колориту парку імені Т. Шевченка визначено, що впродовж чотирьох пір року в парковому колориті переважає зелена гама кольорів (25,3–41,3 %), за винятком зимового колориту (1,4 %), через обмеженість видового складу вічнозелених рослин, та сіра колірна гама, яку формують замощені території (27,7–44,6 %). Парковий колорит є сприятливим як для навчальної роботи, так і для відпочинку, попри те, що в зимовий період часу тут переважають ахроматичні кольори, їхній дещо гнітючий ефект урівноважується колірними акцентами (9,9 %). Запропоновано колірні гами для формування цільового колориту парку та підібрано носії кольору, за допомогою яких можна поліпшити колорит на етапах реконструкції об'єкта.

Проектування об'єктів ландшафтно-ї архітектури з урахуванням їхнього колористичного вирішення сприятиме створенню комфортного середовища відповідно до його функціональних і тематичних особливостей.

Список літератури

- Bakker, I. C. (2014). *Uncovering the secrets of a productive work environment: A journey through the impact of plants and colour*. PhD dissertation, Technische Universiteit Delft, Netherlands.
- Blokhin, V. V. (1977). *Composition in industrial architecture*. Moscow: Vysshaya shkola (in Russian).
- Bos, T. (2008). *Living Colour: Harnessing the power of colour for trees and shrubs in public places*. Cuijk: Ebben Nurserymen.
- Castell von, C., Oberfeld, D., Welsch, R., & Hecht H. (2018). Cognitive performance and emotion are indifferent to ambient color. *Color Research & Application*, 43 (1), 65–74. Retrieved from <https://www.doi.org/10.1002/col.22168>
- Color Analysis. (2018). Retrieved from <https://mmavko.github.io/color-analysis/>
- Elliot, A., & Maier M. A. (2014). Color psychology: Effects of perceiving color on psychological functioning in humans. *Annual Review of Psychology*, 65, 95–120. doi: 10.1146/annurev-psych-010213-115035
- Frieling, H., & Auer, X. (1973). *Human, color, space*. Moscow: Stroizdat (in Russian).
- Kobayashi, S. (1991). *Color Image Scale*. New York: Kodansha America, Inc.
- Kucheriavyi, V. P. (2005). *Landscaping of settlements*. Lviv: Svit (in Ukrainian).
- Mavko, M. S. (2018). *Seasonal dynamics of the Kyiv park landscapes colouring*. PhD dissertation, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. Retrieved from <https://nubip.edu.ua/node/52261> (in Ukrainian)
- Oleksiiichenko, N. O., Gatal'ska, N. V., & Mavko, M. S. (2018). *Scientific bases of assessment and modeling of park landscape colouring*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (in Ukrainian).
- Oleksiiichenko, N. O., & Krachkovska, M. V. (2016). *Landscape-architectural organization of the territories of the universities of Kyiv (history, current state and perspective of development)*. Monograph. Kyiv: Kompyrynt (in Ukrainian).
- Panksenov, G. I. (1988). *Formation of the colour environment of the central coastal areas of the largest historic city (on the example of Gorky city)*. PhD dissertation, Moscow

- Architecture Institute, Moscow, Russia (in Russian).
- Rodichkin, D. I. (Ed.). (1990). Architect's Guide: Landscape Architecture. Kyiv: Budivel'nik (in Russian).
- Serdyuk, I. I., & Kurt-Umerov, V. O. (1987). Urban environment and optimization of human activity. Lviv: Vysshaya shkola Publishing Center of Lviv University (in Ukrainian).
- Stepanov, N. N. (1985). Colour in the interior. Kyiv: Vyshcha shkola (in Ukrainian).
- Teodornskiy, V. S., Gorbatoва, V. I., & Gorbatoв, V. I. (2011). Landscaping of settlements with basics of City Planning. Moscow: Academy Publishing Center (in Russian).
- Trehub, N. Ye. (2006). Results of quantitative assessment experiments of color forming effect in architecture and design objects in the context of urban environment visual comfort. Municipal economy of cities. Series: Engineering Sciences and Architecture, 69, 363–368. Retrieved from <http://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/3449>
- Ulrich, R. S. (1986). Human responses to vegetation and landscapes. Landscape and Urban Planning, 13 (1), 29–44. doi:10.1016/0169-2046(86)90005-8
- Voronina, O. N., & Voronina, A. V. (2007). Color dynamics of urban landscape. 3th scientific and practical seminar. N. Novgorod (Russia), 37–42 (in Russian).
-

N. O. Oleksiichenko, M. S. Mavko (2019). The peculiarities of assessment and formation of functional coloring of the Taras Shevchenko Park in Kyiv.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2):91-102.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.091>.

The application of coloristics in landscape architecture is a promising direction that enables using color to form the landscape objects in accordance with their functional and thematic peculiarities. The purpose of the research is to analyze the available scientific information regarding the dependence of the color solution of landscape architecture objects and their functional and thematic purpose as well as to assess park coloring and to develop recommendations for the formation of its functional (target) coloring. The Taras Shevchenko Park in Kyiv is the target of our research. Landscape coloring assessment was carried out according to Oleksiichenko et al. (2018), that provides for the following: photographing main park viewpoints during the four seasons, processing these photos using graphic editors and determining percentages of main colors in the park landscape. The determining of park functional features was done according to classifications proposed by Rodichkin, 1990; Kucheriavyi, 2005; Teodornskiy et al., 2011, et al.

The dependence of color solution of landscape architecture objects according to their functional purpose was analyzed. The colored patterns, in which the coloring of the Taras Shevchenko Park is formed in different seasons, were determined. In general, the green color scheme (25.3 - 41.3 %) dominates in the park coloring, except for winter coloring (1.4 %), which is due to the poor assortment of evergreen plants, and the gray color scale that forms the paths paving (27.7 - 44.6 %). The current park coloring is favorable for both study work and recreation, as a result of color influence of on the psycho-emotional state of visitors. Although achromatic colors dominate in the winter, their oppressive effect is balanced by a significant segment of color accents (9.9 %). The color schemes were proposed for forming the functional (target) coloring of the park in particular for as memorial, playground, walking areas, etc. Also, the color bearers, which enable alteration of the park colouring at the reconstruction stage, were proposed.

Keywords: park landscape coloring, functional (target) coloring, greenery, park, seasons.

Отримано : 26.12.2018 р.

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 684.4 04

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.103>

ВПЛИВ СТАРІННЯ ПОЛІМЕРНОГО В'ЯЖУЧОГО НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ДЕРЕВИННОВОЛОКНИСТИХ ПЛИТ

О. О. Пінчевська, доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технологій та дизайну виробів з деревини,
Національний університет біоресурсів та природокористування України
О. В. Заворотнюк, провідний конструктор,
ТОВ «НІТ ГРУП»
E-mail: olenapinchevska@nubip.edu.ua

Процес проектування виробів із деревинноволокнистих плит, а саме плит MDF, вирізняється складністю через високу неоднорідність розподілу компонентів за об'ємом, що впливає на механічні властивості матеріалу. На сьогодні плити MDF використовують як робочі поверхні у кухонних гарнітурах, у меблях для ванних кімнат. Оскільки дедалі більшого поширення набувають конструкційні рішення із використанням тонких стільниць, необхідним є встановлення терміну служби робочих поверхонь різної товщини за експлуатації у кухонних приміщеннях і ванних кімнатах.

Враховуючи кліматичні умови експлуатації стільниць, що впливають на довговічність, прогнозування якої базується на кінетичній теорії міцності, необхідним є визначення залежності стану в'язучого, що застосовується у виготовленні плит MDF, від температури та тривалості її дії. З цією метою запропоновано у формулу розрахунку довговічності ввести коефіцієнт деструкції смоли, залежність якого від згаданих параметрів встановлено експериментальним шляхом.

Коефіцієнт деструкції смоли визначено за втратою її маси під час впливу температури у діапазоні 20–90 °C упродовж 0,08–5 год. Отримано адекватне за критерієм Фішера рівняння регресії, аналіз якого дав змогу визначити негативний сильний вплив обох факторів на деструкцію в'язучого.

Розрахунок теоретичної довговічності проведено за імітаційного навантаження плит MDF товщиною 10, 16 і 19 мм за різних за тривалістю кліматичних умов експлуатації. Для цього проведено розрахунки внутрішніх напружень, що виникають за рівномірного навантаження кухонної стільниці

предметами вагою 20 кг за допомогою методу кінцевих елементів, реалізованого у програмі SolidWorks.

Визначено, що отримані результати теоретичної довговічності кухонних стільниць з урахуванням старіння полімерного в'язучого близькі до рекомендованих термінів експлуатації кухонних меблів, що становлять у середньому 15–20 років.

Ключові слова: плити MDF, кухонні стільниці, деструкція смоли, працездатність.

Актуальність. За обсягами виробництва деревні композити посідають одне з основних місць у світовій економіці. Вони охоплюють велику кількість різних матеріалів, що відрізняються властивостями та технологіями виробництва. Цьому сприяють низька вартість деревних відходів, їхні цінні та унікальні властивості, поновлюваність деревних ресурсів.

Номенклатура плит, які виготовляють із подрібненої деревини на полімерному в'язучому, охоплює: деревинноволокнисті плити сухого та мокрого способу виробництва; деревинноволокнисті плити середньої щільності (плити MDF – medium-

density fibreboard); стружкові плити та oriented strand board (плити OSB). Сьогодні плити MDF є популярними на ринку, оскільки мають найменший вміст синтетичного в'язучого. За даними Alto Consulting Group, світовий попит на плити MDF збільшився упродовж 2015–2017 рр. на 15,7 %. Значна частка виробничих потужностей припадає на Європу, де найбільшими виробниками є заводи промислових груп «Kronospan», «Egger» та «Swiss Krono» («Market of fiberboard (fiberboard). Current situation and forecast for 2018–2022», 2018).

Як свідчать дослідження європейського ринку («The world market of

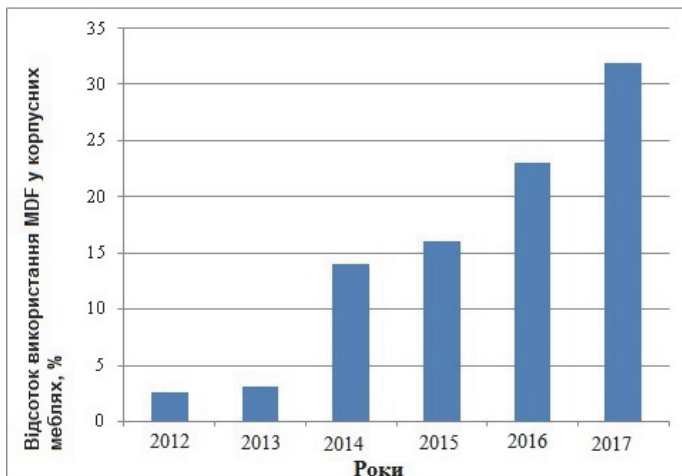


Рис. 1. Динаміка зростання використання плит MDF у виготовленні корпусних меблів

MDF», 2016), існує тенденція до використання плит MDF замість ламінованих стружкових плит у виготовленні корпусних меблів. Виробники корпусних виробів дедалі більше починають застосовувати плити MDF під час проектування та виробництва меблів для дитячих кімнат, віталень і кухонних наборів. Порівняно із 2012 р. відсоток використання плит MDF значно зріс минулого року і становив 32 % (рис. 1).

Проектування виробів із деревних плитних матеріалів має певні складнощі через високу неоднорідність розподілу компонентів за об'ємом. Сьогодні під час проектування меблевих конструкцій використовують емпіричний метод граничних станів, а всі ускладнення враховують поправками або коефіцієнтами. Це сприяє багаторазовому запасу міцності та збільшенню ефективного об'єму матеріалу, що впливає на собівартість готової продукції.

Останнім часом спостерігається збільшення частки використання плит MDF у конструкціях кухонних гарнітурів. Їх застосовують як елементи

корпусу тумб – видимі вертикальні та горизонтальні складальні одиниці, елементи декору. За бажанням споживача увесь виріб може бути виготовлений із цих плит. Сьогодні популярним є виготовлення кухонних стільниць із плит MDF, причому в дизайні меблів для кухні щораз більше застосовують тонкі стільниці («Microtrends: Why does your kitchen have a very thin tabletop», 2018) (рис. 2).

Кухонні меблі експлуатують у несприятливих температурно-вологісних умовах навколишнього середовища, а дія механічного навантаження може призвести до утворення тріщин, прогину стільниці та її руйнування. Ці дефекти утворюються та розвиваються під час експлуатації за підвищеної вологості повітря у приміщенні та високої температури у зоні варильної поверхні, що призводить до втрати міцності через дію багатьох чинників, одним з яких є старіння в'язучого.

Тому актуальним є прогнозування терміну працездатності виробів



Рис. 2. Набір меблів для кухні із стільницею завтовшки 16 мм, опорядженою фарбою

із плит MDF різного гатунку з урахуванням сукупного впливу різноманітних факторів на конструкцію у процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останнім часом дослідження впливу різних чинників на механічні властивості плит MDF зосереджувалися на особливостях впливу підвищених температур (Charles, 2009; Bekhta & Marutzky, 2007); гідротермальної модифікації волокон на деякі фізико-механічні показники плит MDF (Mohebbi et al., 2008); міцності плит за різних температур і вологості матеріалу (Yu DeXin & Birgit, 1983; Shi & Gardner, 2006); зміни параметрів навколишнього середовища та стійкості проти дії вогню (Bekhta et al., 2003; Sinha et al., 2011). Встановлено, що міцність на згин і модуль пружності плит MDF погіршується із підвищенням температури під час випробуванням (Kojima & Suzuki, 2011).

Руйнування, яке виникає під впливом зовнішніх чинників (температури, УФ-радіації, вологості та ін.) та механічного навантаження, є процесом, що триває в часі й пов'язаний із накопиченням дефектів у структурі матеріалу. Усі ці фактори впливають на меблі кухонного набору, особливо на робочу поверхню (стілницю). Процес експлуатації стільниці тісно пов'язаний із впливом температури, який може бути як коротко-, так і довготривалим у зоні приготування їжі, вологості у зоні миття посуду та механічного навантаження, яке виникає у зв'язку з появою отворів під варильну поверхню та мийку, які своєю чергою виконують роль концентраторів напруження.

Для проектування будь-якого виробу необхідно мати відомості про довговічність матеріалу, з якого він зроблений. У багатьох випадках

експериментальне визначення працездатності виробу є неможливим, оскільки потребує багаторічного спостереження. Тому розраховують теоретичну довговічність, що дає можливість прогнозувати термін збереження працездатного стану. Найефективніші результати у цьому напрямі отримані Hrabar (2002), Hrabar et al. (2008), які базуються на використанні основних положень кінетичної теорії міцності твердих тіл. Проте вони не враховують особливості впливу кліматичних параметрів на зміну стану в'язучого композиційних матеріалів.

Мета дослідження: оцінювання довговічності плит MDF шляхом прогнозування їх терміну експлуатації у кухонних приміщеннях, що базується на кінетичній теорії міцності та враховує вплив умов експлуатації, що впливають на деструкцію в'язучого.

Матеріали і методи дослідження. Теоретичну довговічність будь-якого матеріалу можна розрахувати за формулою (1) (Kulman & Boiko, 2017), враховуючи напруження, температуру експлуатації та вологість матеріалу:

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right] \exp \left(\alpha \frac{W}{W_m} \right), \quad (1)$$

де τ_m , U_0 , γ і T_m – термоактиваційні параметри матеріалу: τ_m – мінімальна довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с; U_0 – максимальна енергія активації руйнування, кДж/моль; γ – структурно-механічний параметр, кДж/(моль·МПа); T_m – гранична температура існування твердого тіла (температура деструкції), К; R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К); τ – час до руйнування (довговічність), с; σ – напруження матеріалу при його експлуатації, МПа; T – поточна температура матеріалу при його експлуатації, К.

тації, K ; α – коефіцієнт, що враховує вплив вологості матеріалу на довговічність; W_m – гранично допустима вологість матеріалу, за якої він має достатню для експлуатації міцність, %; W – поточна вологість матеріалу під час його експлуатації, %.

Однак за такого підходу зовсім не враховують тривалий вплив факторів навколишнього середовища, що спричиняють старіння матеріалів, і тому прогнозування буде досить приблизним.

Було висунуто гіпотезу, що реальну довговічність плит MDF, які зазнають у процесі експлуатації тривалого впливу підвищеної температури, можна визначити за допомогою поправки на природне старіння полімерного в'язучого. Запропоновано рівняння довговічності (2) із введенням коефіцієнта β , що враховує деструкцію полімерного в'язучого:

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right] \exp \left(\alpha \beta \frac{W}{W_m} \right), \quad (2)$$

Для отримання кількісного значення величини коефіцієнта β , що враховує вплив старіння, необхідно взяти до уваги параметри середовища, у якому експлуатують матеріал.

Накопичений до цього часу експериментальний матеріал і його аналіз дали змогу виявити, що найбільший вплив на старіння полімерної матриці чинить температура та час її дії (Mamontov, 2012). Тому їх було обрано як основні фактори, що впливають на старіння полімерного в'язучого плит MDF. Для дослідження обрано карбамідо-формальдегідну смолу марки КФ-МТ, густина якої становить 1275 кг/м^3 , концентрація робочого розчину 50 %, в'язкість за віскозиметром ВЗ-4 дорівнює 15 с. Смола КФ-МТ використовують для проклеювання

деревної маси при виготовленні плит MDF на підприємстві ПРАТ «Коростенський завод МДФ», зразки плит із якого були обрані для досліджень.

Спостереження за роботою у кухонних приміщеннях житлових будинків дали змогу встановити, що тривалість впливу температури на кухонну стільницю перебуває у межах від 5 хвилин до 5 годин. Тому діапазон тривалості впливу температури на смолу вибрано в межах 0,08–5 годин. Максимальну температуру впливу 90°C обрано як таку, що відповідає температурі склування смоли, яка перебуває у межах $90\text{--}110^\circ\text{C}$.

Результати дослідження та їх обговорення. Коефіцієнт деструкції смоли визначали за втратою маси під час впливу температури на пластинку із смолою, яку зважували на електронних вагах «Axis-500» із точністю $0,01 \text{ г}$ (рис. 3). Одну партію зразків смоли витримували протягом $\tau_1 = 5 \text{ хв}$ і $\tau_2 = 5 \text{ год}$ за температури $t_1 = 20^\circ\text{C}$, а інші зразки із смолою поміщали у лабораторну сушильну шафу (рис. 4), де їх витримували за температури $t_2 = 90^\circ\text{C}$. Температуру у сушильній шафі контролювали за допомогою термопари.

Після витримки у камері упродовж заданого часу ($\tau_1 = 5 \text{ хв}$ і $\tau_2 = 5 \text{ год}$) зразки зважували на електронних вагах. Результати оцінювали за втратою маси зразка після певного часу дії температури (рис. 5).

Дія високої температури ($t = 90^\circ\text{C}$) упродовж тривалого проміжку часу ($\tau = 5 \text{ год}$) спричинила значне зменшення значення показника маси в'язучого від $7,96 \text{ г}$ до $5,35 \text{ г}$ (рис. 5). За інших значень факторів впливу маса смоли змінилася незначно, а за $\tau = 5 \text{ хв}$ і $t = 20^\circ\text{C}$ не змінилася взагалі. Короткочасна дія підвищеної температури не чинить значного впливу на деструкцію



Рис. 3. Зразок смоли КФ-МТ під час процедури зважування початкової маси



Рис. 4. Розміщення зразків зі смолою у сушильний шафі

смоли, як і вплив кімнатної температури за будь-якого часу впливу.

Статистичне оброблення експериментальних даних дало змогу отримати адекватні за критерієм Фішера (таблиця) рівняння регресії, які мають вигляд:

$$y = 7,06 - 0,7 \cdot x_1 - 0,61 \cdot x_2 - 0,40 \cdot x_1 \cdot x_2; \quad (3)$$

у нормалізованих позначеннях

$$y = 8,14 - 0,0082 \cdot t - 0,0049 \cdot \tau - 0,005 \cdot t \cdot \tau, \quad (4)$$

у натуральних позначеннях

де t – температура, $^{\circ}\text{C}$, τ – час дії температури, год

Видно, що обидва фактори та їх взаємодія чинять сильний негативний вплив на деструкцію смоли. Перевірка рівнянь підтвердила адекватність моделі на рівні значущості 5 %, всі коефіцієнти рівняння є значущими.

Для перевірки висунутої гіпотези необхідно розрахувати теоретичну довговічність плит MDF різної товщини з урахуванням коефіцієнта β . Щоб визначитися із кількісними значеннями параметрів рівняння (2), а саме величиною внутрішніх напружень, що виникають у процесі експерименту,

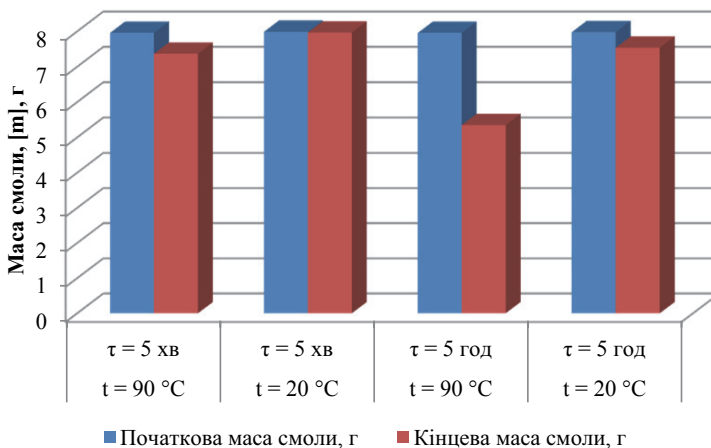


Рис. 5. Зміна значення показника маси смоли залежно від температури та часу її дії

Результати перевірки адекватності моделі показника втрати маси смоли залежно від температури

Показник	F-критерій Фішера	
	$F_{\text{розрах}}^{\text{розр}}$	$F_{\text{табл}}$
Втрата маси смоли	2,22	6,04

плуатації кухонної стільниці, було проведено розрахунок із використанням методу кінцевих елементів.

Кухонна стільниця жорстко закріплена з обох кінців. Ця конструкція працює на поперечний згин і перебуває під дією ваги предметів, які на ній розташовані. Кріплення з обох кінців ідентичні, тому під час моделювання використано принцип симетрії. Для розрахунку прийнято, що загальна вага побутових предметів на стільниці становить 20 кг і розподілена рівномірно. Критерієм міцності конструкції є величина внутрішніх напружень, які виникають при дії навантаження та прогину матеріалу, з якого виготовлено виріб.

На рис. 6 наведено сітку кінцевих елементів, побудовану в середовищі програми «SolidWorks Simulations».

На основі проведених розрахунків встановлено значення еквівалентного

напруження. Величина максимального напруження – 5,81 МПа (рис. 7). Враховуючи, що межа міцності плити MDF на згин сягає 20 МПа, можна стверджувати, що матеріал має значний запас міцності.

Ще одним критерієм міцності кухонної стільниці є величина її прогину, тому фрагмент закріпленої стільниці було перевірено на деформацію за допомогою комп'ютерного моделювання у системі «SolidWorks Simulations» (рис. 8).

За значень внутрішніх напружень 5,81 МПа, величина деформації виявилася незначною – 2,52 мм, тобто у межах допустимих значень.

Отже, для проведення розрахунків прийнято такі значення параметрів: навантаження на плиту – 20 кг,

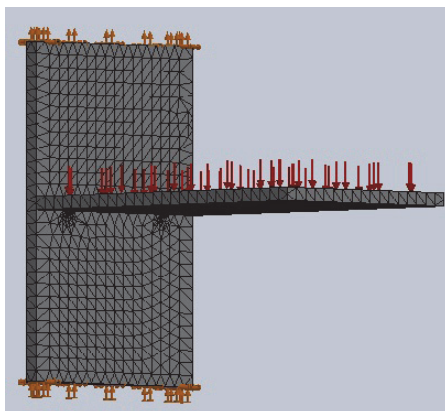


Рис. 6. Сітка кінцевих елементів для кухонної стільниці

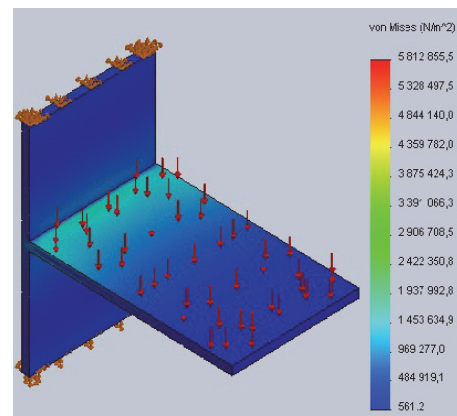


Рис. 7. Епюра внутрішніх напружень у досліджуваному фрагменті під час застосування рівномірно розподіленого навантаження

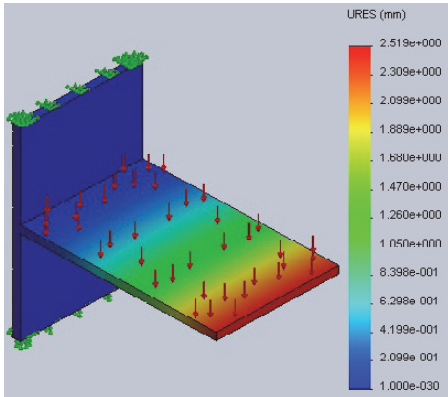


Рис. 8. Епюра переміщення фрагмента стільниці під час застосування рівномірно розподіленого навантаження

що спричиняє внутрішні напруження у матеріалі $\sigma = 5,81$ МПа, температура $t = 20^\circ\text{C}$ або $T = 293$ К, сумарний час впливу температури та вологості на кухонні меблі – 100 діб. Результат розрахунку за формулами (1) і (2) наведено на рис. 9.

Видно, що довговічність матеріалу зменшилася майже удвічі порівняно з довговічністю, розрахованою без урахування впливу деструкції в'язучого. Довговічність плити MDF

завтовшки 19 мм виявилася меншою на 16 % порівняно з довговічністю плити товщиною 16 мм. Це очевидно пов'язано з тим, що щільність плити завтовшки 19 мм була меншою, ніж щільність плити товщиною 16 мм, оскільки вплив щільності на довговічність є дуже суттєвим (Kulman et al., 2015; Boiko & Ancyferova, 2015).

Отримані результати довговічності кухонних стільниць відповідають рекомендованим термінам експлуатації кухонних меблів, що становлять у середньому 15–20 років («The average service life of high-quality furniture», 2017).

Висновки і перспективи. Визначено збільшення обсягу використання плит MDF для виготовлення кухонних меблів, що потребує врахування під час проектування виробу впливу параметрів середовища експлуатації на його довговічність.

Аналіз попередніх досліджень дав змогу визначити, що з відомих методів найбільш достовірні значення довговічності матеріалів можливо отримати за допомогою кінетичної теорії міцності твердих тіл, що ґрунтована на термоактиваційному механізмі руйнування. Однак такий

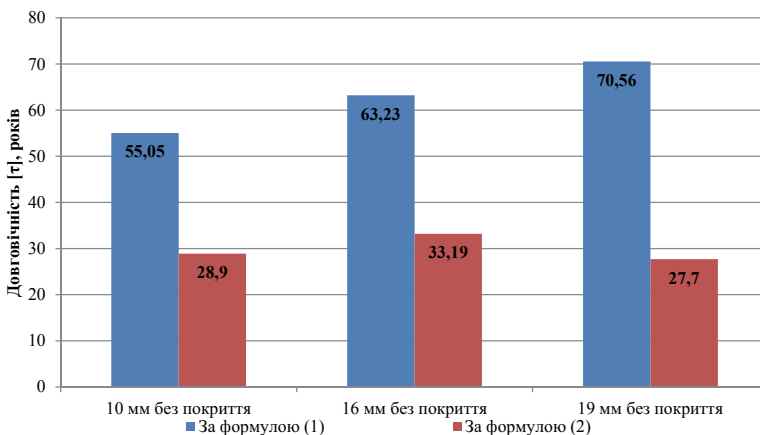


Рис. 9. Зіставлення розрахованих показників довговічності

метод розрахунку не враховує вплив деструкції смоли під час підвищення температури експлуатації, наприклад у зоні контакту нагрівальних приладів та кухонної стільниці.

Запропоновано розраховувати теоретичну довговічність плит MDF за допомогою скорегованого рівняння Ратнера–Ярцева, що базується на основних положеннях кінетичної теорії міцності, шляхом введення коефіцієнта, який враховує вплив кліматичних параметрів на старіння полімерного в'язучого.

Отримано адекватні рівняння регресії для визначення коефіцієнта впливу старіння карбамідоформальдегідної смоли КФ-МТ у разі дії короткочасного та довготривалого температурного навантаження.

Визначено, що врахування зміни стану в'язучого знижує довговічність виробу і дає змогу отримати результати, які відповідають реальному терміну експлуатації. Враховуючи те, що для проведених досліджень було використано плити MDF без покриття, наступним етапом буде визначення їхньої довговічності з різними видами покриттів.

Список літератури

- Bekhta, P., & Marutzky, R. (2007). Bending strength and modulus of elasticity of particleboards at various temperatures. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 65, 163–165.
- Bekhta, P., Lecka, J., & Morze, Z. (2003). Short-term effect of the temperature on the bending strength of wood-based panels. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61 (6), 423–424.
- Boiko, L. M., & Antsyferova, O. V. (2015). Effect of density on the strength of wood-fiber boards of average density at temperature change. *Scientific Bulletin of NFWU of Ukraine*, 25 (10), 221–225 (in Ukrainian).
- Charles, R. F. (2009). Adhesive groups and how they relate to the durability of bonded wood. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 23, 601–617.
- Hrabar, I. H. (2002). Thermoactivation analysis and synergy of fracture. *Zytomir* (in Ukrainian).
- Hrabar, I. H., Boiko, L. M., & Kulman, S. M. (2008). Design and method of forecasting the resource and critical strength of cabinet furniture. *Scientific Bulletin of NFWU of Ukraine*, 18 (10), 81–89 (in Ukrainian).
- Kojima, Y., & Suzuki, S. (2011). Evaluating the durability of wood-based panels using internal bond strength results from accelerated aging treatments. *Journal of Wood Science*, 57 (1), 7–13.
- Kulman S., Boiko, L., & Antsyferova, O. (2015). Bending strength (modulus of rupture) and modulus of elasticity of MDF different density at various temperature. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology, Warszawa*, 91, 101–106.
- Kulman, S. M., & Boiko, L. M. (2017). Accelerated method for predicting the durability of wood products and woodcomposite materials, taking into account the moisture. Patent of Ukraine to the utility model № 117175, MPK G01N 25/26 (in Ukrainian).
- Mamontov, S. A. (2012). Analysis of thermal aging of fibreboard. The state of modern construction science. Collection of scientific works X-th International. scientific-practical Internet conf. Poltava, Ukraine, 53–57 (in Ukrainian)..
- Market of fiberboard (fiberboard). Current situation and forecast for 2018–2022. Retrieved from <http://alto-group.ru/otchot/marketing/449-rynok-dvp-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2014-2018-gg.html>
- Microtrends: Why does your kitchen have a very thin tabletop., 2018. Retrieved from <https://www.houzz.ru/ideabooks/86699028/list/mikrotrendy-zachem-vashey-kuhne-ocheny-tonkaya-stoleshnitsa>

- Mohebbi, B., Ilbeighi, F., & Kazemi-Najafi, S. (2008). Influence of hydrothermal modification of fibers on some physical and mechanical properties of medium density fiberboard (MDF). *Holz als Roh und Werkstoff*, 66 (3), 213–218.
- Shi, S. Q., & Gardener, D. J. (2006). Hygroscopic thickness swelling rate of compression molded wood fiberboard and wood fiber/polymer composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 37 (9), 1276–1285.
- Sinha, A., Nairn, J. A., & Gupta, R. (2011). Thermal degradation of bending strength of plywood and oriented strand board: a kinetics approach. *Wood Science and Technology*, 45 (2), 315–333.
- The average service life of high-quality furniture (2017). Retrieved from <https://krdexpert.blogspot.com/2017/05/Garantiya-i-srok-sluzhby.html>
- The world market of MDF, 2018. Retrieved from <http://www.woodpanelsonline.com/downloads/mdf-yearbook-2016-2017/>
- Yu De Xin, & Birgit, A. L. (1983). Tensile strength properties of particle boards at different temperatures and moisture contents. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 41 (7), 281–286.

O. O. Pinchevska, O. V. Zavorotnuk (2019). The influence of polymeric binder aging on the woodfiber plates durability. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2): 103-112. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.103>.

The process of designing products from wood-fiber boards, namely MDF boards, is noted for its complexity due to the high heterogeneity of the distribution of components in volume, which has an effect on the mechanical properties of the material. Today, MDF boards are used as work surfaces in kitchen and bathroom furniture. As design solutions are becoming more widespread with the use of thin tabletops, it is necessary to set the lifetime of working surfaces of different thickness when operated in kitchens and bathrooms.

Accounting for the influence of climatic conditions of operation of tabletops on their durability, prediction of which is based on the kinetic strength theory, is necessary to determine the dependence of the binder state used in the manufacture of MDF boards on the temperature and duration of its operation. To this aim, it is proposed to introduce a resin degradation coefficient in the formula for calculating durability. Its dependence on these parameters is determined experimentally.

The degradation rate of the resin is determined by the loss of its mass during exposure to the temperature in the range of 20 °C to 90 °C for 0,08 h - 5 h. Fisher's criterion of the regression equation was obtained and proved adequacy of the equation, whose analysis allowed determining the negative strong influence of both factors on the destruction of the binding agent.

The calculation of theoretical durability was carried out at the simulation load of MDF boards 10 mm, 16 mm, and 19 mm in thickness according to the different climatic operating conditions. To do this, calculations of the internal stresses arising of the kitchen tabletop from the uniform loading by objects of 20 kg weight using the finite element method implemented in the SolidWorks program.

It has been determined that the obtained results of the theoretical durability of kitchen tabletops with consideration of the aging of the polymeric binder, are close to the recommended lifetime for kitchen furniture, which is on average 15-20 years.

Keywords: MDF boards, kitchen tabletops, resin degradation, efficiency.

Отримано : 20.12.2018 р.

ДО УВАГИ АВТОРІВ!

До розгляду приймаються наукові статті обсягом 10–20 сторінок тексту (без врахування бібліографічних посилань). Формат паперу – А4, орієнтація – книжкова, поля з усіх сторін – 20 мм, міжрядковий інтервал – 1,5, кегль шрифту – 14, гарнітура – Times New Roman, абзац – 1 см.

Структура наукової статті:

рядок 1 – УДК (вирівнювання по лівому краю, шрифт – напівжирний);

рядок 2 – назва наукової статті (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери);

рядок 3 – ініціали та прізвище автора (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери); науковий ступінь і вчене звання, ідентифікатор ORCID, місце роботи (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний курсив), кожен співавтор з нового рядка; студенти і аспіранти додатково вказують наукового керівника;

рядок 4 – електронна адреса автора;

рядок 5 – анотація (кегль шрифту - 14, курсив, міжрядковий інтервал - 1). Обсяг анотації повинен бути не менше 1800 знаків;

рядок 6 – ключові слова (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1), жодне з них не дублює слова з назви статті;

рядок 7 – текст наукової статті із зазначенням наступних елементів:

Актуальність, де висвітлюється важливість дослідження, існуючі проблеми та напрями їх вирішення у контексті поставлених наукових завдань; вказуються невирішені частини проблеми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, де подається короткий аналіз результатів досліджень науковців з тематики наукової статті.

Мета дослідження, де вказуються мета і завдання наукового дослідження.

Матеріали і методи дослідження, де висвітлюються основні методи і прийоми, застосовані у науковій статті.

Результати дослідження, де висвітлюються основні отримані результати дослідження, подані у науковій статті.

Висновки і перспективи, де подаються конкретні висновки за результатами дослідження та перспективи подальших розробок.

У кінці наукової статті подається Список літератури у порядку згадування або у алфавітному порядку (кегль шрифту - 14, міжрядковий інтервал - 1). Список використаних джерел оформляється згідно з вимогами APA 6th Edition (American Psychological Association (APA) Style). Посилання у тексті наводяться за зразком (Прізвище, рік), наприклад: один автор – (Vinson, 1997), два автори – (Vargo & Hulsey, 2000), три та більше авторів – (Davis et al., 1989). Детально з правилами можна ознайомитись за посиланнями: <http://journals.nubip.edu.ua/>. Також можна оформити цитування за стилем APA онлайн: www.citationmachine.net/apa/cite-a-book

Всі літературні джерела потрібно наводити англійською мовою, не менше трьох статей в списку повинні мати DOI. Транслітерація допускається лише прізвищ авторів відповідно до Постанови КМУ від 27 січня 2010 р. № 55 (онлайн трансліт: <https://dmsu.gov.ua/services/transliteration.html>), а російських – згідно системи BGN/PCGN.

рядок 8 – тема, ініціали і прізвище автора, анотація та ключові слова, які надаються англійською (українською) мовою.