

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Научный журнал

Основан в 1833 г.
Издается в серии ИВУЗ с 1958 г.
Выходит 6 раз в год

4/352

2016

ИЗДАТЕЛЬ – СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

МЕЛЕХОВ В.И. – гл. редактор, д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)
БАБИЧ Н.А. – зам. гл. редактора, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)
БОГОЛИЦЫН К.Г. – зам. гл. редактора, д-р хим. наук, проф. (Россия, Архангельск)
КОМАРОВА А.М. – отв. секретарь, канд. с.-х. наук (Россия, Архангельск)

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Бессчетнов В.П., д-р биол. наук, проф. (Россия, Нижний Новгород)
Богданович Н.И., д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)
Ван Хайнинген А., д-р наук, проф. (США, Ороно)
Воронин А.В., д-р техн. наук, проф. (Россия, Петрозаводск)
Камусин А.А., д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)
Кищенко И.Т., д-р биол. наук, проф. (Россия, Петрозаводск)
Кожухов Н.И., д-р экон. наук, проф., академик РАН (Россия, Москва)
Куров В.С., д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)
Малыгин В.И., д-р техн. наук, проф. (Россия, Северодвинск)
Матвеева Р.Н., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Красноярск)
Мерзленко М.Д., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Москва)
Нимц П., д-р наук, проф. (Швейцария, Цюрих)
Обливин А.Н., д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)
Онегин В.И., д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)
Памфилов Е.А., д-р техн. наук, проф. (Россия, Брянск)
Романов Е.М., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)
Сакса Т., д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр. (Финляндия, Хельсинки)
Санаев В.Г., д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)
Селиховкин А.В., д-р биол. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)
Сергеевичев В.В., д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)
Сёренсен У.Я., проф. (Норвегия, Стейнхьер)
Сигурдссон Б.Д., д-р наук, проф. (Исландия, Хваннейри)
Тараканов А.М., д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр. (Россия, Архангельск)
Хакимова Ф.Х., д-р техн. наук, проф. (Россия, Пермь)
Холуша О., д-р наук, проф. (Чехия, Брно)
Черная Н.В., д-р техн. наук, проф. (Белоруссия, Минск)
Черных В.Л., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)
Ширнин Ю.А., д-р техн. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)
Штукин С.С., д-р с.-х. наук, проф. (Белоруссия, Минск)
Энгельманн Х.-Д., д-р инж. наук, проф. (Германия, Эмден)

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

Бабич Н.А. – председатель, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)
Билей П.В., д-р техн. наук, проф., акад. ЛАН Украины (Украина, Львов)
Залесов С.В., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Екатеринбург)
Мясищев Д.Г., д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)
Наквасина Е.Н., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)
Хабаров Ю.Г., д-р хим. наук, проф. (Россия, Архангельск)

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION

NORTHERN (ARCTIC) FEDERAL UNIVERSITY
NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV

BULLETIN
OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Lesnoy Zhurnal

(Forestry journal)

Scientific journal

Established in 1833
Issued as part of the
“Bulletin of Higher Educational Institutions” since 1958
Published 6 times a year

4/352

2016

PUBLISHER: NORTHERN (ARCTIC)
FEDERAL UNIVERSITY NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV

EDITORIAL STAFF:

MELEKHOV V.I. – Editor-in-Chief, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
BABICH N.A. – Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
BOGOLITSYN K.G. – Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Chemistry, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
KOMAROVA A.M. – Executive Secretary, Candidate of Agriculture (Russia, Arkhangelsk)

MEMBERS OF THE EDITORIAL STAFF:

Besschetnov V.P., Doctor of Biology, Prof. (Russia, Nizhny Novgorod)
Bogdanovich N.I. Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Van Heiningen A., PhD, Prof. (USA, Orono)
Voronin A.V., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Petrozavodsk)
Kamusin A.A., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)
Kishchenko I.T., Doctor of Biology, Prof. (Russia, Petrozavodsk)
Kozhukhov N.I., Doctor of Economics, Prof., Member of the Russian Academy of Sciences (Russia, Moscow)
Kurov V.S., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint Petersburg)
Malygin V.I., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Severodvinsk)
Matveeva R.N., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Krasnoyarsk)
Merzlenko M.D., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Moscow)
Niemz P., PhD, Prof. (Switzerland, Zürich)
Oblivin A.N., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)
Onegin V.I., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint Petersburg)
Pamfilov E.A., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Bryansk)
Romanov E.M., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)
Saksa T., Doctor of Agriculture, Senior Researcher (Finland, Helsinki)
Sanaev V.G., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)
Selikhovkin A.V., Doctor of Biology, Prof. (Russia, Saint Petersburg)
Sergeevichev V.V., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint Petersburg)
Sørensen O.J., PhD, Prof. (Norway, Steinkjer)
Sigurðsson B.D., PhD, Prof. (Iceland, Hvanneyri)
Tarakanov A.M., Doctor of Agriculture, Chief Research Scientist (Russia, Arkhangelsk)
Khakimova F.Kh., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Perm)
Holuša O., PhD, Prof. (Czech Republic, Brno)
Chernaya N.V., Doctor of Engineering, Prof. (Belarus, Minsk)
Chernykh V.L., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)
Shirnin Yu.A., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)
Shtukin S.S., Doctor of Agriculture, Prof. (Belarus, Minsk)
Engelmann H.-D., Doctor of Engineering, Prof. (Germany, Emden)

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Babich N.A. – Chairman, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Biley P.V., Doctor of Engineering, Prof., Member of the National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine, Lviv)
Zalesov S.V., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yekaterinburg)
Myasishchev D.G., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Nakvasina E.N., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Khabarov Yu.G., Doctor of Chemistry, Prof. (Russia, Arkhangelsk)



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>V.F. Kovyazin, A.N. Martynov, E.N. Kuznetsov. Soil Conditions in the Green Areas of Saint Petersburg</i>	9
<i>В.А. Ананьев, С.А. Мошников. Структура и динамика лесного фонда Республики Карелия</i>	19
<i>В.В. Копытков, В.Н. Коновалов. Исследования технологии получения дражированных семян с использованием композиционных полимерных препаратов</i>	30
<i>М.В. Сурсо, Н.В. Селиванова. Опыление у можжевельника обыкновенного (<i>Juniperus communis</i> L.): механизм вовлечения пыльцы и влияние мужского гаметофита на развитие семязачатков и «шишкоягод»</i>	40
<i>М.М. Андропова. Таксономический состав и систематическая структура дендрофлоры г. Белозерска</i>	54
<i>И.Т. Кищенко. Анатомическое строение годичного кольца <i>Pinus Sylvestris</i> L. в разных типах леса таежной зоны</i>	61
<i>Ю.И. Перепечина, О.И. Глушенков, Р.С. Корсинов. Учет и оценка лесов, возникших на сельскохозяйственных землях, с использованием данных дистанционного зондирования Земли</i>	71
<i>А.В. Грязькин, М.А. Новикова, Я.А. Новиков. Особенности естественного возобновления березы на вырубках</i>	81
<i>Г.А. Кистерный. Женская репродуктивная сфера сосны обыкновенной при воздействии ослабляющих лесопатологических факторов в насаждениях Брянской области</i>	89
<i>А.П. Добрынин, И.В. Евдокимов. Геоботанические особенности и продуктивность лесов с участием ильма в Вологодской области</i>	100

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Д.Г. Мясичев, А.С. Ваишуткин, А.С. Лоренц. Уменьшение резонанса релаксационных автоколебаний колесных тормозных механизмов лесовозных автомобилей</i>	112
--	-----

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Ф.В. Черепенин, С.М. Сковпень, Д.А. Ульяничев, М.А. Бызова. Повышение качества обработки деревянных литейных моделей на токарно-карусельных одноприводных станках</i>	121
--	-----

- Е.В. Попов, В.В. Филиппов, В.И. Мелехов, Б.В. Лабудин, Т.В. Тюрикова.* Влияние жесткости связей сдвига при расчете ребристых панелей на деревянном каркасе..... 136

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина.* Исследование возможности использования синтетических дисперсий российского производства при меловании бумаги и картона..... 147
- О.С. Михайлова, Е.В. Крякунова, А.В. Канарский, Я.В. Казаков, Т.Н. Манахова, Д.А. Дулькин.* Влияние биомодифицированного картофельного крахмала на деформационные и прочностные свойства картона..... 157

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Н.А. Бабич, И.В. Евдокимов.* Публикациям о лесе в России – 250 лет!..... 165

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Р.А. Цильке, А.И. Земляной.* Рецензия на учебник «Селекция лесных и декоративных древесных растений»..... 168
- П.А. Феклистов.* Рецензия на монографию «Научный подход к лесному семеноводству»..... 171



CONTENTS

FORESTRY

<i>В.Ф. Ковязин, А.Н. Мартынов, Е.Н. Кузнецов.</i> Состояние почв в зеленых насаждениях Санкт-Петербурга.....	9
<i>V.A. Anan'ev, S.A. Moshnikov.</i> Structure and Dynamics of the Forest Reserves of the Republic of Karelia.....	19
<i>V.V. Kopytkov, V.N. Kononov.</i> The Seed Pelleting Technology with the Use of the Composite Polymer Preparations.....	30
<i>M.V. Surso, N.V. Selivanova.</i> Pollination in Common Juniper (<i>Juniperus communis</i> L.): Involving of Pollen and the Male Gametophyte Influence on the Ovules and “Cypress Cones” Development.....	40
<i>M.M. Andronova.</i> Taxonomic Composition and Systematic Dendroflora Structure in Belozersk.....	54
<i>I.T. Kishchenko.</i> Anatomical Structure of the Annual Ring of <i>Pinus Sylvestris</i> L. in Different Forest Types of the Taiga Zone.....	61
<i>Yu.I. Perepechina, O.I. Glushenkov, R.S. Korsikov.</i> Forest Inventory and Assessment in the Agricultural Lands Using the Earth Remote Sensing Data.....	71
<i>A.V. Gryaz'kin, M.A. Novikova, Ya.A. Novikov.</i> Features of Natural Birch Regeneration in Cutting.....	81
<i>G.A. Kisternyy.</i> Female Reproductive Structure of Scots Pine Under the Influence of Degradation Forest Pathology Factors in the Plantations of the Bryansk Region.....	89
<i>A.P. Dobrynin, I.V. Evdokimov.</i> Geobotanical Peculiarities and Productivity of the Fragmentary Elm Forests of Vologda Region.....	100

WOOD EXPLOITATION

<i>D.G. Myasishchev, A.S. Vashutkin, A.S. Lorents.</i> Reduction of Relaxation Oscillation Resonance of Wheel Brake Devices of Lumber Trucks.....	112
---	-----

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>F.V. Cherepenin, S.M. Skovpen', D.A. Ul'yanichev, M.A. Byzova.</i> Improving the Quality of the Wooden Patterns Processing on a Turning-and-Boring Single-Drive Lathe.....	121
<i>E.V. Popov, V.A. Filippov, V.I. Melekhov, B.V. Labudin, T.V. Tyurikova.</i> Effect of Shear Connections Rigidity in Calculating the Ribbed Panels on a Wooden Frame.....	136

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- Yu.A. Knyazeva, L.G. Makhotina.* Study of the Use of Russian-Manufactured Synthetic Dispersions in Paper and Cardboard Coating..... 147
- O.S. Mikhaylova, E.V. Kryakunova, A.V. Kanarskiy, Ya.V. Kazakov, T.N. Manakhova, D.A. Dul'kin.* The Influence of Modified Potato Starch on the Cardboard Deformation and Strength Properties..... 157

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

- N.A. Babich, I.V. Evdokimov.* 250 Years to the Forest Publications in Russia!..... 165

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

- R.A. Tsil'ke, A.I. Zemlyanoy.* A Review of the Textbook “Selective Breeding of Forest and Ornamental Woody Plants” 168
- P.A. Feklistov.* A Review of the Monograph “The Scientific Approach to the Forest Seed Breeding” 171



UDK 630*231

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.9

SOIL CONDITIONS IN THE GREEN AREAS OF SAINT PETERSBURG

V.F. Kovyazin¹, Doctor of Biological Sciences, Professor

A.N. Martynov², Doctor of Agricultural Sciences, Professor

E.N. Kuznetsov², Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

¹Saint Petersburg Mining University, 21st line, 2, St. Petersburg, Vasilyevsky Island, 199026, Russian Federation; e-mail: vfkedr@mail.ru

²Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov, Institutskiy per., 5, St. Petersburg, 194021, Russian Federation; e-mail: forestry@spbftu.ru

Currently, there is a high rate of urbanization, resulting in the degraded natural environment, especially the soil. The article presents the results of 25-year investigations of the silvicultural soil characteristics of the ecosystems of St. Petersburg of varying degrees of urbanization. The metropolis territory was flooded by the waters of the Littorina Sea a few million years ago. Some terraces with different levels A.S.L. after the dereliction of the sea were formed. The authors propose the urban ecosystems classification for St. Petersburg, based on the similarity of the morphological and ecological features of the biotope, and give a brief characteristic of an anthropogenic effect. The urban ecosystem soils are presented by the fill ground, contaminated with heavy metals and compounds of sodium and chlorine and contain construction debris and wood residues. 4 degrees of an anthropogenic effect on the metropolis natural ecosystems are obtained: low-disturbed (urban forests), averagely disturbed (city parks), highly disturbed (gardens and parks) and degraded (line plantings and plantings of habitable territories). The boundaries of the urban ecosystems are numerous waterways. The ecological state of soil and plant resources is estimated according to a set of criteria: botanical, biochemical, soil, spatial and dynamic. Representative objects with laying out of at least 5 soil profiles in the specific areas for each ecosystem are selected and examined. Control samples were taken from the upper soil horizons. They were the basis to establish in the laboratory the silvicultural parameters of the root zone in a 5-fold repeatability. The exchangeable and hydrolytic acidity, total absorbed bases, degree of base saturation, humus level, mobile nitrogen and labile phosphorus, exchange potassium and sodium, chloride and physical clay content, humidity, soil density and a groundwater level were determined. These silvicultural parameters of the root zone of soil were compared for the selected urban ecosystems. The soils in the urban ecosystems vary according to the particle size distribution, agrochemical properties and transformation ratio of the soil profile. They are in need of the urgent measures for their improvement. A sustaining tactic of the natural ecosystems is proposed.

Keywords: urban ecosystem, garden, park, forest park, linear plantation, residential area, physical and chemical property of soils.

Introduction. A typical feature of the modern era is the rapid urbanization. It modifies or destroys the natural environment from both the quantitative side (capture of new lands) and qualitative (environmental degradation). In St. Petersburg the environmental problems, associated with the deterioration of habitats of five million residents due to the insufficient and poor ecological condition of the soil and plant resources, are escalating. More than ten varieties of soils, differing in properties and a fertility level on the territory of St. Petersburg are determined. Little attention is paid to the analysis of the processes of establishing, formation and regulation of the natural and anthropogenic urban ecosystems of St. Petersburg. Soil and vegetation complexes of the megalopolis are investigated poorly and fragmentary [2, 4]. The level of an anthropogenic impact on the soil and plant complexes varies considerably by eco-polarities of the metropolis [3, 6]. Complex research at the ecosystem level of this important regional issue is conducted for the first time.

The soil cover of St. Petersburg due to its geographical location has several features. The territory of St. Petersburg was under the influence of the sea and was flooded by the waters of the Littorina Sea a few million years ago. After the retreat of the sea the lake-glacial terraces with different levels of altitude were formed. The floodplain soil formation process has stopped due to the “dressing” of the embankments in stone. In addition, the soil profile is disturbed as a result of the human activities. It is formed on the alluvial soils and filled grounds mainly of the light particle-size distribution and contains the inclusions in the form of construction debris, wood residues, heavy metals, sodium and chlorine compounds because of the use of the technical salt as a deicing agent in winter.

Materials and methods. Taking into account the agglomeration features, degree of the soil cover disturbance and sanitary condition of tree and shrubby vegetation we distinguished different soil and vegetation urban ecosystems that are the synonymous of the geographical concept of “a standard urbanized zone” [3]. Not only the urban green areas, but also the suburban forest-parks are included in the urban ecosystems, as the urbanization effect extends far beyond the city boundaries. Urban ecosystems boundaries in St. Petersburg are numerous waterways.

In St. Petersburg on the basis of the similarity of morphological and ecological features of an anthropogenic biotope [1, 3] the ecosystems of different levels are distinguished (table 1).

Megaecosystem is a complex of a soil-vegetation cover of a large agglomeration and its suburban forest parks. The scale of perturbations exceeds the diameter of an area of over 100 km.

Macroecosystem consists of a soil and vegetation cover of the suburban areas of St. Petersburg at a distance of 60 km from the city center. The scale of disturbances does not exceed an area of 50-100 km².

Mezo ecosystem is formed by the vegetation of the city with the area exceeding 100 ha (parks, large gardens).

Microecosystem includes the vegetation of residential territories and linear plantations along the highways. These artificial plantations of trees and shrubs do not form a closed stand canopy.

Table 1

Classification and characteristics of St. Petersburg urban ecosystems

Type of ecosystem	Type of vegetation	Degree of anthropogenic disturbance	Biological productivity	Level of stability	Tactics of sustaining
Megaecosystem	City and forest park plantations	Medium	Medium	Medium	Increasing the area of plantations, ensuring biodiversity of plants, care for them, application of organic fertilizers in the soil, etc.
Macroecosystem	Forest parks	Moderate	High	High	
Mezo ecosystem	Parks and gardens	Medium	Medium	Low	
Microecosystem	Plantings of residential areas	High	Low	Low	
	Linear plantings, clumps and groups	Very high (degraded)	Very low	Very low	

Ecosystem of each morphological level has its circulation of elements. Its basic substances and energy components are the energy, gas composition of the atmosphere, water, soils, autotrophic plants and heterotrophic organisms. The nature and direction of the environmental changes vary and depend on several variables: a) the size of the system (the larger it in size, the less it depends on the external influences); b) exchange of matter and energy intensity (the higher the inflow and outflow of matter and energy in the ecosystem, the more intensive this process); c) the balance of autotrophic and heterotrophic processes in the ecosystem (in strong disequilibrium, the external inflow of matter and energy in the ecosystem is increased to recover it); d) a stage and a level of the ecosystem development [3]. In the bio cycle process the variety of substances and sustainability increase in the ecosystems, the balance and self-regulation are maintained, which is based on the “feedback”, regulating the composition, quantity and productivity of the living components of the ecosystem [3, 4]. Man introduces the significant changes in the ecosystems by creating the urban infrastructures that change the habitat of plants and humans, form the urban ecosystems. We conducted our system researches in view of the proposed classification of the urban ecosystems.

Ecosystems dedicated in St. Petersburg vary in size, metabolic and energy rate, age and ecological conditions of trees and shrubs, amount of autotrophic and heterotrophic organisms, level of air, water and soil pollution, its physical and chemical properties.

For each ecosystem the representative objects of the research were chosen: macroecosystem – Kurortny Forest Park; mezo ecosystem – the parks (Tikhiy otdykh,

Aleksandrino, Sosnovka, Aleksandrovskiy, Babolovskiy, Ekaterininskiy, Otdel'nyy, Pavlovskiy, Dubki) and gardens (Vasileostrovets, Kamskiy, a garden named after 9th of January); microecosystem – plantations of the residential areas (municipal units (MU) “Strelna”, “Peterhof”, “Pavlovsk”) and linear plantations (6 boulevards and 9 streets in various districts of the city).

Physical and chemical properties of soils were investigated according to the standard methods: the mechanical structure – by Kachinsky method; the reaction of the soil environment in saline suspension on the potentiometric base – by pH-meter 673 M; physical clay was determined according to the GOST 12536-79; the exchangeable acidity – by Daikuhara method; hydrolytic acidity – by Kappen method; total absorbed bases – by Kappen-Gilkovits method. Carbon of organic compounds was determined according to Tyurin method in the modification of Nikitin and Fishman with the humus calculation by Wolff-Sprengel method; nitrogen of the easy hydrolysable organic compounds was estimated by Kornfeld method in the modification of Dinchev and Badzhov and clarifications of the Agrochemistry Department of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute; the definition of labile phosphorus was carried out by Kirsanov reaction according to Denizhe method in the modification of Truog and Meyer; and exchange (mobile) potassium was determined by Kirsanov reaction by the flame photometry method (flame photometer FPM).

At least 5 soil profiles were carried out in the forest parks, and 14 – in the historical part of the city. Parks in the central part of the city are the subjects of the intense anthropogenic impact. So, the low, average and high degrees of soil disturbance in this mezo ecosystem are determined.

Results and discussion. Table 2 shows the averaged parameters of the ecosystem soil profiles of the silvicultural properties of soils that allow us to make the following generalizations.

In the forest-park macroecosystem the superficial and cryptopodzolic soils are characterized by a strongly acid reaction, increased potential acidity, low content of absorbed bases and a low degree of the soil colloidal complex saturation. The supply of soil by humus varies greatly, but the level of humus is favorable for the forests; there is a lack of nutrients, especially of nitrogen. Acid-base properties of soils and their nutrient status indicators are typical for the natural light coniferous and deciduous-coniferous associations formed on the sands or sandy loams under normal moisture.

In the park mezo ecosystem of the historical part of the city the different degrees of soil disturbance are recognized. Turfy cohesive sandy low-clayed anthropogenically transformed soils often with the second humus (buried) horizon on the sandy loam sediments dominate in the soil cover of the center of St. Petersburg. In the historical part of the city we have identified three groups of soils according to the levels of the anthropogenic impact.

Table 2

Soil Silvicultural Properties of the Ecosystems of St. Petersburg

Silvicultural parameters of a root zone	Units	City megaecosystem									
		Macro Ecosystem. Forest-parks	Mezo ecosystem					Gardens of the historical center	Microecosystem		
			Parks of megalopolis						Phytocenoses of residential areas	Linear plantations	
			Historical city center								
			Degree of soil disturbance								
Low	Average	High	Satellite towns								
pH of saline suspension	–	3.3-4.5	4.5-6.4	5.2-5.8	5.3-6.7	4.3-5.8	6.3-6.8	5.0-7.5	6.2-7.1		
Exchangeable acidity	mg-eq/100g	1.1-3.8	0.1-1.7	0.2-0.3	0.1-0.2	0.3-1.1	0.1-0.2	0.1-0.3	0.1-0.2		
Hydrolytic acidity	mg-eq/100g	4.7-8.0	1.5-6.8	1.9-4.2	1.3-1.8	5.1-14.7	1.7-2.1	0.5-2.6	0.5-0.7		
Total absorbed bases	mg-eq/100g	1.1-1.6	8.7-28.2	11.6-20.8	5.2-43.7	9.8-17.8	30.5-47.0	3.3-22.9	30.0-48.0		
Adsorptive capacity	mg-eq/100g	6.3-9.1	15.5-29.7	15.8-22.7	7.0-45.0	23.0-24.5	32.6-48.7	5.9-23.4	30.7-48.5		
Degree of base saturation	%	12-25	56-95	73-92	74-97	40-78	94-97	56-98	98-99		
Humus content	%	2.9-6.2	3.7-10.0	2.6-8.5	1.5-13.7	3.1-5.3	5.5-7.8	3.5-5.6	4.9-9.6		
Mobile nitrogen	mg/100g	1.1-1.7	3.0-4.9	3.2-4.3	2.8-6.2	2.6-5.1	2.7-3.9	1.4-2.5	2.8-4.3		
Labile phosphorus	mg/100g	4-6	18-23	15-23	14-27	8-10	19-24	14-17	24-35		
Exchange potassium	mg/100g	3.2-4.7	5.5-7.5	4.5-10.5	3.6-17.0	9.8-17.5	16.0-21.0	6.0-15.0	19.0-27.0		
Exchangeable sodium	mg/100g	5.1-15.0	10.0-15.0	17.0-20.0	20.0-23.0	10.0-18.0	20.0-25.0	13.0-37.0	40.0-70.0		
Chloride content	1•10 ⁻³ %	1-2	2-3	2-4	2-5	2-3	6-9	4-7	20-40		
Physical clay	%	7-13	7-25	8-19	8-13	21-43	5-10	10-30	7-10		
Soil density	g/cm ³	1.1-1.2	0.9-1.1	1.1-1.2	1.0-1.3	1.2-1.3	1.0-1.2	1.2-1.4	0.9-1.2		
Soil moisture	% from SM	35-48	45-70	40-65	30-70	40-80	50-70	30-60	45-65		
Groundwater level	m	1.0-1.2	0.2-1.2	0.8-1.4	0.7-1.5	0.8-1.0	0.9-1.0	0.7-1.3	1.0-1.4		

Up to 43 % of the territory is occupied by highly disturbed soils. In the structure of such soils the bulk humus layers ranging 18...59 cm are presented, as well as the buried organic-mineral (sometimes peat) horizons. Waste of construction materials containing calcium carbonate (broken stone, lime, etc.) affect the soil acidity. In soils, located outside the building areas, the buried horizons have slightly acidic, but more often near-neutral reaction. Different amounts of humus and nitrogen are accumulated in the upper soil layers. The amount of humus decreases down the soil profile.

Total provision by the nitrogen compounds in the soil profile within the root system layer is sufficient. Buried humus horizons are an additional source, supplying trees with nitrogen compounds. Phosphorus nutrition regime is favorable for plants; procuring of soils by potassium varies from a low to a high level. Despite the strong disturbance of soils, procuring of soils by phosphate does not fall below 14 mg/100 g. The main fund of highly disturbed lands of St. Petersburg consists of the soils with widely varying fertility.

Averagely disturbed soils in the soil cover of the historical center of St. Petersburg (27 % of the total area) are characterized by the large depth (73-112 cm, at least – 44 cm) of the humus layers and by the light particle-size distribution (sandy loam or cohesive sandy). Thick humus-accumulative horizons consist of humus-gleyish, humus-gleyic and typical humus-accumulative subhorizons without the gleying indicators (Ag, AG, A). Water saturation affects on the soil acidity. The acidity decreases down the soil profile reaching the minimum parameters in loose sandy sediments underlying the turf sandy loamy gleyic soil.

Averagely disturbed soils are classified as anthropogenically bulk varieties with the thick humus-accumulative horizon which is divided into 2-3 humus layers. In depth the gley formation process is enhanced: gleyish subhorizons are replaced by the gleyic ones. Turf deep-podzol sandy loam gley soil based on the sandy loam sediments we can add to the group of the averagely disturbed soils according to the morphological characteristics and profile structure. Humus layer of that soil is of clearly bulk origin. Soil supply by humus and nitrogen is medium; minimum content of humus is in the podzolic horizon that is typical for the turf-podzol soils. Averagely disturbed soil is well supplied with phosphorus, but supply with potassium is low, sometimes is medium.

The third group is represented by the low disturbed soils (30 % of the total area) having significantly differentiated profile with several genetic horizons. Humus-accumulative horizons are formed under the influence of the anthropogenic factors. Often we observe the soils with the homogeneous humus-accumulative horizons according to their mechanical composition: light loamy (up to 60 cm) or cohesive sandy (up to 35 cm). Humus content varies noticeably. Procuring of soils by the humus compounds is so different, that is estimated at four levels: not enough supplied soils, averagely, well and highly supplied. The actual soil fertility of this soil group we have evaluated ambiguously due to the different content of mineral nutrients in the soils. Low disturbed soil is well supplied with nitrogen of easy hydrolysable organic compounds. The content of labile phosphorus in the organic-mineral soil layers varies

in the frame of increased and high degree of supply. The low or insufficient degree of supply by exchange potassium is typical for the low disturbed soil group.

Analysis of the results of the long-term soil research leads to the conclusion that the soil cover of parks of the historical center of St. Petersburg consists of turfy sandy loam or cohesive sandy (rarely loamy) gleyish and gleyic (less gleyed) soils based on the sandy deltaic sediments. Based on the results of the long-term research for the first time for St. Petersburg we composed the soil cartograms of the mezo ecosystem according to the hydromorphic feature degree, mechanical composition, acidity, humus content, hydrolyzable nitrogen, exchange potassium and labile phosphorus.

In the gardens of the historical center (mezo ecosystem) there are more fertile sandy soils than in the urban parks. They are characterized by a reaction close to neutral, low potential acidity, high saturation of absorbed bases. Soils of the gardens are well supplied with humus, phosphorus and potassium, and averagely with nitrogen.

In the park mezo ecosystem of the satellite towns the degree of the soil disturbance is lower, despite the fact that the parks of the open-air museums “Tsarskoye Selo” and “Pavlovsk” are intensively visited by sightseers. The soil profiles of the suburban areas are marked by weighting of the mechanical composition: the soil layers with the average loamy composition dominate, and the soil overwetting is observed. Judging by the particle size distribution the soils are characterized by high potential fertility.

Parks of the satellite towns are located on the soils, to a lesser extent changed by the anthropogenic impact than the urban plant communities. According to the morphological nature and silvicultural properties the soils of the suburbs parks take an intermediate position between the soils of the forest parks and the soils of the city center. They have lower acidity and higher base saturation than the soils of the forest parks, but do not reach the acid-base indicators of the soils of the historical center parks. Soils of the satellite towns have the acidic or low-acidic reaction, increased potential acidity and the average degree of base saturation. An important feature that distinguishes them from other soils of the mezo ecosystem is the loamy particle size distribution. Soils of the suburban parks are moderately supplied by humus and mineral nutrient elements. Their trophogenic fertility is higher than of the soils of the forest parks. They are better supplied with potassium, but contain less phosphorus than the soils of the parks in the central part of the city.

Microecosystems of residential areas are characterized by a very high soil density of the heavy-loamy composition; surface cracking of the top soil in the summer period; low humusness and a strong disturbance of the organic-mineral soil horizons. The humus layer in many parts of the territory was removed due to its shallowness and the mineral horizon A₂B was exposed. Heavy loam soil is characterized by the acid reaction. It is not enough supplied by humus. Supply of soil by nitrogen of the light hydrolyzed organic compounds is average, by labile phosphorus is very high and by exchange potassium is low. Mineral nutrition regime is unfavorable for plants: a shortage of potassium on the background of nutrient imbalance is observed.

Soil of residential areas can be classified as a sod-podzolic heavy loamy semi terrestrial type with the low level of cultivation. Such soils are typical for the Neva terrace plain, which is one of the soil-geomorphic subareas of the Neva Lowland.

Linear plantations are planted on sandy soils with a slightly acid or neutral reaction. They are well supplied with humus, phosphorus and potassium. Their procuring with nitrogen is above the average level. A positive factor of the soil fertility of the linear plantations is the presence of the significant amount of alkaline bases in the soil-colloidal complex. Humus content in the top soils corresponds to a very high degree of supply. Humus composition is positive due to the presence of calcium salts, humic and fulvic acids. Quantitative and qualitative parameters of humus indicate the high potential fertility of sandy loam soils.

The results of the research indicate the soil contamination by the ecotoxicants as the main reason of plants poor condition in the residential areas but not the regime of the mineral nutrition of soil. Saturation of urban soils with the sodium compounds is explained by the anthropogenic impact and using sodium chloride as a deicing agent. The presence of a large amount of sodium blocks the normal conditions of the plant root nutrition and impairs the physical, chemical and biological properties of the soil. Consequently, one of the reasons of death or depressed condition of linear plantings along the streets and highways is the high content of exchangeable sodium and chlorides in the soil. A big amount of water-soluble sodium in soils demonstrates sodium salinization of the root zone. The presence of sodium in the soil solution has a negative influence on the adsorption of nutrients by plant roots [5].

Thus, the soils of the microecological system have the maximum anthropogenic pressure, compared with the soils of the forest parks and gardens, which negatively affects on the condition of biogeocoenosis.

Conclusions. As a result of the anthropogenic impact the physical and chemical properties of soils in the green areas of St. Petersburg change. Silvicultural properties of the forest-park ecosystems are close to the forest features of the taiga zone. The soils in the park mezo ecosystem of the historical part of St. Petersburg differ in particle size distribution, agrochemical properties and degree of transformation of the soil profile. Soils of the parks of the satellite towns take an intermediate position between the forest and urban soils by the morphological structure and silvicultural properties. In the gardens of the historical part of the city the fertile soils due to the use of organic and mineral fertilizers are formed. Maximum degree of disturbance of organic-mineral horizons and their sodium chloride salinity are typical for the microecosystems of residential areas and linear plantations. Human activities and the composition of the parent rock materials have a decisive influence on the soil trophic level in the urban ecosystems. The soils of the city urban ecosystems need of the urgent measures to improve their silvicultural properties in order to increase the sustainability and survivability of green plantings.

REFERENCES

1. *Agroekologiya* [Agroecology]. Ed. by V.A. Chernikov. Moscow, 2000. 534 p.
2. Dolotov V.A., Ponomareva V.V. K kharakteristike pochv leningradskogo Letnego sada [On the Characteristics of the Soils of the Leningrad Summer Garden]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 1982, no. 9, pp. 134–138.

3. Kovyazin V.F. *Biologicheskie osnovy formirovaniya ustoychivyykh ekosistem i ratsional'nogo ispol'zovaniya pochvenno-rastitel'nykh resursov megapolisov (na primere Sankt-Peterburga)*: dis. ... dokt. biol. nauk [Biological Basis of Sustainable Ecosystems Formation and Rational Use of Soil and Plant Resources of the Megapolis (as Exemplified by St. Petersburg): Doc. Biol. Sci. Diss.]. St. Petersburg, 2008. 358 p.

4. Kovyazin V.F. Dinamika agrokhimicheskikh svoystv pochv Sankt-Peterburga [Dynamics of the Agrochemical Soil Properties in St. Petersburg]. *Plodorodie*, 2008, no. 3, pp. 34–36.

5. Kovyazin V.F., Kobrin N.Yu. Lesorastitel'nye svoystva pochv lineynykh nasa-zhdeniy Sankt-Peterburga [Silvicultural Soil Properties of Linear Plantations of St. Petersburg]. *Pochvennye resursy Severo-Zapada: ikh sostoyanie, okhrana i ratsional'noe ispol'zovanie. Materialy mezhtsevol'nogo nauch.-prakt. konf.* [Soil Resources of the Northwest: Their Status, Protection and Rational Use. Proc. Interregion. Sci. Conf.]. St. Petersburg, 2008, pp. 111–115.

6. Odum Y. *Ecology*. New York, 1986, vol. 1, 346 p.; vol. 2, 376 p.

Received on December 23, 2015

УДК 630*231

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.9

Состояние почв в зеленых насаждениях Санкт-Петербурга

В.Ф. Ковязин¹, д-р биол. наук, проф.

А.Н. Мартынов², д-р с.-х. наук, проф.

Е.Н. Кузнецов², канд. с.-х. наук, доц.

¹Санкт-Петербургский горный университет, 21 линия, д. 2, Васильевский остров, Санкт-Петербург, Россия, 199026; e-mail: vfkedr@mail.ru

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия, 194024; e-mail: forestry@spbftu.ru

В настоящее время отмечаются высокие темпы урбанизации, в результате которой разрушается естественная природная среда, особенно почва. В статье приводятся результаты 25-летних исследований лесорастительных свойств почв экосистем Санкт-Петербурга различной степени урбанизации. Территория мегаполиса несколько миллионов лет назад была затоплена водами Литоринового моря. После отступления моря сформировались террасы с разным уровнем над уровнем моря. Для Санкт-Петербурга авторами предложена классификация урбоэкосистем, основанная на сходстве морфологических и экологических особенностей биотопа, дана краткая характеристика антропогенного воздействия. Почвы урбоэкосистем представлены намывным грунтом, содержат строительный мусор и древесные остатки, загрязнены тяжелыми металлами и соединениями натрия и хлора. Выделены 4 степени антропогенного воздействия на природные экосистемы мегаполиса: малонарушенные (пригородные лесопарки), средненарушенные (городские парки), сильнонарушенные (сады и скверы) и деградированные (линейные и аллеи посадки и насаждения селитебных территорий). Границами урбоэкосистем являются многочисленные водные артерии. Экологическое состояние почвенно-растительных ресурсов оценивали по комплексу

критериев: ботаническому, биохимическому, почвенному, пространственному и динамическому. Для каждой экосистемы подобраны и обследованы представительные объекты с закладкой не менее 5 почвенных разрезов в характерных местах. Из верхних горизонтов почвы брали опытные образцы, по которым в лаборатории устанавливали лесорастительные параметры корнеобитаемого слоя почвы в 5-кратной повторности. Определяли обменную и гидролитическую кислотность, сумму поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями, содержание гумуса, подвижных азота и фосфора, обменных калия и натрия, хлоридов и физической глины, влажность, плотность почвы и уровень грунтовых вод. Полученные лесорастительные параметры корнеобитаемого слоя почвы сравнивали по выделенным урбоэкосистемам. Установлено, что почвы в урбоэкосистемах различаются по гранулометрическому составу, агрохимическим свойствам и степени трансформации почвенного профиля, нуждаются в срочных мерах по их улучшению. Предложена тактика сестайнинга природных экосистем.

Ключевые слова: урбоэкосистемы, сады, парки, лесопарки, линейные насаждения, жилые районы, физико-химические свойства почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкология / Под ред. В.А. Черникова. М.: Колос, 2000. 534 с.
2. Дологов В.А., Пономарева В.В. Характеристики грунтов. Ленинградский Летний сад // Почвоведение. 1982. № 9. С. 134–138.
3. Ковязин В.Ф. Биологические основы формирования устойчивых экосистем и рационального использования почвенных и растительных ресурсов мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга): дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2008. 358 с.
4. Ковязин В.Ф. Динамика агрохимических свойств почв в Санкт-Петербурге // Плодородие. 2008. № 3. С. 34–36.
5. Ковязин В.Ф., Кобрин Н.Ю. Лесохозяйственные свойства почвы линейных насаждений Санкт-Петербурга // Почвенные ресурсы Северо-Запада: их статус, охрана и рациональное использование: материалы межрегиональной науч.-практ. конф. СПб.: СПб СПУ, 2008. С. 111–115.
6. Odum Y. Ecology. New York: Wiley, 1986. Vol. 1. 346 p.; Vol. 2. 376 p.

Поступила 23.12.15

УДК 630*611

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.19

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЛЕСНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ*

В.А. Ананьев, канд. с.-х. наук

С.А. Мошников, канд. с.-х. наук

Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук,

ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Россия, 185910;

e-mail: vladimir.ananyev@krc.karelia.ru, moshniks@krc.karelia.ru

В статье дан анализ распределения государственного лесного фонда по категориям земель. Прослежена долгосрочная (за 60-летний период) динамика лесопокрытой площади. Характеризуется породная структура лесов Карелии. Установлено, что в республике доминируют сосновые леса (65 % площади государственного лесного фонда), ельники занимают 23 %, лиственные – 12 %. Анализ возрастной структуры показал неравномерность распределения хвойных насаждений по группам возраста, при этом отмечена незначительная доля приспевающих (7 %), что затрудняет долгосрочное планирование устойчивого лесопользования в республике. Экологический спектр лесов Карелии достаточно широк и представлен 16 основными типами леса, от бедных сфагновых до наиболее производительных – кисличных. Для ели характерно абсолютное преобладание черничного типа (63 % площади, занимаемой породой). В сосняках наиболее представлены брусничные и черничные типы (соответственно 36 и 32 %). На основе проведенного анализа установлено, что интенсивная вырубку продуктивных хвойных насаждений привела к накоплению низкобонитетных древостоев. До 40 % хвойных древостоев растут по V, V^a-V^b классам бонитета и имеют низкие запасы древесины. Древостои V-V^a классов бонитета наиболее характерны для сосняков и ельников сфагновых и долгомошных, III и IV классов – для брусничных и черничных типов леса. До 75 % площадей, занятых лиственными породами, характеризуются продуктивными условиями произрастания (II-III класс бонитета). Анализ долгосрочной динамики лесного фонда показал, что в период интенсивного лесопользования (1951–1983 гг.) уменьшилась доля сосновых насаждений, в то же время идет постоянное увеличение площади и запасов древостоев лиственных пород. Следует отметить, что значительные площади вырубок оставались под естественное зарастание, где происходит смена хвойных пород лиственными. В результате их общая площадь увеличилась в 1,5 раза, а запас в 2,9 раза. Изучение динамики продуктивности насаждений за 60-летний период показало значительное увеличение запасов сосновых и еловых молодняков, однако в целом по сосновым и еловым древостоям средний запас снизился на 23 и 19 % соответственно. Для улучшения состояния лесного фонда необходимо активное проведение лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности лесов, улучшение породного состава и достижение равномерного распределения по группам возраста, а также ускоренного поспевания средневозрастных лесов, путем целевого ухода за ними.

Ключевые слова: лесной фонд, структура, динамика, продуктивность, лесопользование.

*Работа выполнена в рамках госзадания 0220-2014-0003.

Леса Республики Карелии играют исключительно ведущую роль в развитии ее экономики и поддержания качественного состояния окружающей среды. Структура лесного фонда – один из определяющих факторов устойчивого лесопользования и снабжения древесиной лесоперерабатывающих предприятий лесопромышленного комплекса, в т.ч. целлюлозно-бумажных комбинатов. При этом работ по изучению структуры и динамики лесного фонда на Северо-западе России за длительный период явно недостаточно [4].

Общая площадь земель Государственного лесного фонда (ГЛФ) Республики Карелия по данным на 1 января 2014 г. составляла 14460,9 тыс. га, или 80,1 % общей площади республики. Земли, покрытые лесной растительностью занимают 9251,3 тыс. га (64,0 %), в том числе на долю искусственных насаждений приходится 1234,1 тыс. га (8,5 %). Площади непокрытые лесной растительностью – это в основном необлесившиеся вырубки – 143,7 тыс. га (1,0 %) и несомкнувшиеся лесные культуры – 58,6 тыс. га (0,4 %). Гари и погибшие древостои занимают 22,7 тыс. га (0,2 %). Нелесная категория земель наиболее представлена болотами, которые занимают 3433,0 тыс. га и водами – 1427,7 тыс. га (23,7 % и 9,9 % от общей площади лесного фонда). Представленность остальных категорий земель не превышает 0,9 %. Лесистость территории республики составляет 52,9 %.

В соответствии с действующим законодательством (пункт 5.2.20 статья 8 Лесного кодекса Российской Федерации и приказ Рослесхоза № 498 от 19 декабря 2007 г.) леса Карелии по целевому назначению подразделяются на защитные и эксплуатационные. К защитным лесам отнесены леса, расположенные в водоохраных зонах, защитные полосы лесов вдоль железнодорожных путей и автомобильных дорог федерального и республиканского значения, ценные леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов и особо охраняемые природные территории, которые вносят большой вклад в сохранение экологической устойчивости и биологического разнообразия лесов. Площадь эксплуатационных лесов равна 9953,8 тыс. га и защитных – 4507,1 тыс. га, что составляет соответственно 68,8 и 31,2 % от общей площади. Эксплуатационные леса подлежат освоению в целях устойчивого и эффективного получения высококачественной древесины и других лесных ресурсов с обеспечением сохранения полезных функций лесов. Общий средний прирост составляет 14,3 млн м³. Средний прирост в эксплуатационных лесах равен 1,5 м³/га в год, средний запас спелых и перестойных сосновых древостоев – 143 м³/га, еловых – 173 м³/га.

После освобождения от ледника (около 10 тыс. лет назад) на территории Карелии появились березовые леса, которые затем уступили место сосновым и еловым лесам [2]. В настоящее время в лесном фонде республики доминируют сосняки, которые занимают 5972,5 тыс. га, или 64,6 % всей покрытой лесом площади (табл. 1).

Таблица 1

**Распределение покрытой лесом площади и запасов
по преобладающим породам (на 01.01.2014)**

Преобладающие породы	Покрытая лесом площадь, тыс. га	Площадь, %, по группам возраста насаждений				Запас, млн м ³	
		Молодняки	Средне-возрастные	Приспевающие	Спелые и перестойные	общий	спелых и перестойных
Всего хвойных	8145,3	37,8	21,9	6,9	33,4	836,39	418,64
В том числе:							
сосна	5972,5	40,9	23,8	6,4	28,9	567,72	246,03
ель	2171,5	29,3	16,5	8,2	46,0	268,58	172,61
Всего лиственных	1106,0	13,1	44,0	11,3	31,6	124,74	63,58
В том числе:							
береза	1024,2	13,3	46,8	11,2	28,7	111,15	52,10
осина	62,0	12,1	5,4	10,2	72,3	11,38	10,11
ольха серая	19,3	2,6	19,2	24,9	53,3	2,16	1,33
ольха черная	0,5	0	20,0	0	80,0	0,05	0,04
<i>Итого</i>	9251,3	34,9	24,5	7,4	33,2	961,13	482,22

Еловые насаждения занимают 2171,5 тыс. га (23,4 %). Площадь, покрытая лесной растительностью с преобладанием мягколиственных пород, в настоящее время составляет 1106,0 тыс. га (12,0 %). Березовые и осиновые насаждения, как правило, имеют вторичное происхождение, они возникли преимущественно на сплошных вырубках, гарях и ветровалах, бывших пашнях и сенокосах.

В настоящее время по хвойному хозяйству наблюдается преобладание молодняков (38,0 %), спелых и перестойных насаждений (33,0 %) и относительно небольшие площади приспевающих (7,0 %). Столь неравномерное распределение насаждений по группам возраста существенно затрудняет долгосрочное планирование устойчивого лесопользования в Карелии. Во всех возрастных группах наблюдается абсолютное преобладание сосны, за исключением спелых и перестойных древостоев, где доминирует ель (46,0 %). По мягколиственному хозяйству, где наиболее представлены березовые насаждения, максимальную площадь занимают средневозрастные березняки (46,8 %). Это производные леса, сформировавшиеся на сплошных концентрированных вырубках. Доля молодняков и приспевающих примерно одинакова. Накопление спелых и перестойных мягколиственных древостоев (32,0 %) свидетельствует

о слабом использовании расчетной лесосеки по лиственному хозяйству, что в конечном счете приводит к снижению качества и ухудшению санитарного состояния лесов.

Общий корневой запас насаждений ГЛФ в Республике Карелия составляет 961,1 млн м³, в том числе хвойных – 836,4 млн м³ (87,0 %) и мягколиственных – 124,7 млн м³ (13,0 %). Запас спелых и перестойных насаждений 482,2 млн м³, из них 418,6 млн м³ (87,0 %) приходится на долю хвойных насаждений и 63,6 млн м³ (13,0 %) – на долю мягколиственных. По преобладающим породам он распределен следующим образом: сосна – 246,0 млн м³ (51,0 %), ель – 172,6 млн м³ (35,8 %), береза, осина и ольха – 52,1 млн м³ (10,8 %), 10,1 млн м³ (2,1 %) и 1,4 млн м³ (0,3 %) соответственно.

Типологический спектр лесов Карелии достаточно широк и представлен 16 основными типами леса, от бедных сфагновых до самых производительных – кисличных. Для ели характерно абсолютное преобладание черничного типа (63,0 %). Сосна характеризуется более широким типологическим рядом и представлена преимущественно брусничным и черничным типами леса (соответственно 35,6 и 31,9 %).

Продуктивность сосняков и ельников Карелии варьирует от II до V^a, V^b классов бонитета (рис. 1). Интенсивная вырубка ценных и продуктивных насаждений привела к накоплению низкобонитетных древостоев. До 40,0 % хвойных древостоев растут по V, V^a-V^b классам бонитета и имеют низкие запасы древесины. Древостои V–V^a классов бонитета наиболее характерны для сосняков и ельников сфагновых и долгомошных, III и IV классов – для брусничных и черничных типов леса. До 75,0 % площади лиственных пород характеризуются наиболее продуктивными условиями произрастания (II–III класс бонитета).

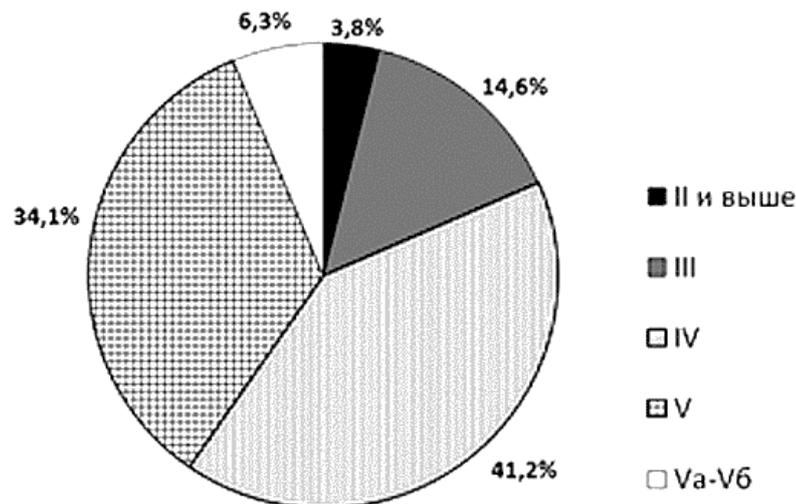


Рис. 1. Распределение площади хвойных насаждений по классам бонитета (8145,3 тыс. га, ср. бонитет IV, 2)

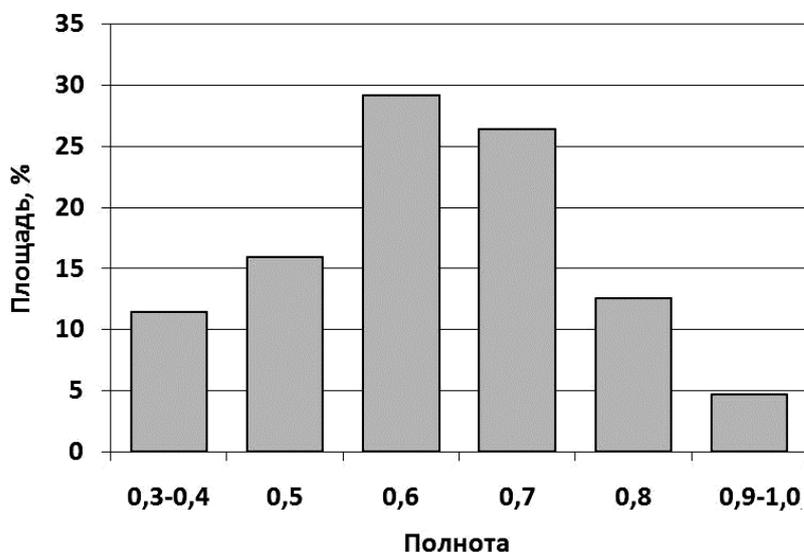


Рис. 2. Распределение площади хвойных насаждений по полнотам

По хвойным насаждениям преобладают среднеполнотные (0,5...0,7) древостои, которые занимают 71,0 % лесопокрытой площади (рис. 2). Доля высокополнотных (с полнотой 0,8 и выше) лиственных древостоев по сравнению с хвойными в 3 раза больше и составляет 54,0 % от лесопокрытой площади мягколиственных пород.

Хозяйственная деятельность в лесах Карелии в прошлом существенно отразилась на структуре лесного фонда. Далее приведены сведения по данным учета Лесного фонда за 1956–2014 гг. Площадь лесных земель за 50-летний период (1956–2003 гг.) увеличилась на 1,0 %, в основном за счет облесения осушенных болот. В последние годы площадь лесных земель стабилизировалась (65,5... 65,6 % от общей площади земель лесного фонда).

В период больших объемов лесозаготовок (1960–1980 гг.) наблюдалось снижение лесопокрытой площади и пропорциональное увеличение площади, не покрытой лесом (в 1966 г. она достигала 10,0 %). Начиная с 1993 г. и по настоящее время доля непокрытых лесом площадей составляла незначительный процент (1,2...2,6 %), что объясняется снижением объема лесопользования и проведением лесовосстановительных мероприятий, способствующих переводу вырубок в лесопокрытые земли (ежегодный перевод составляет около 30,0 тыс. га, при сплошных рубках – 26,0 тыс. га в год) (табл. 2).

В результате интенсивной вырубке лесов изменилось распределение покрытой лесом площади по преобладающим породам (табл. 3). Доля сосновых насаждений за период с 1956 г. по 1983 г. уменьшилась на 3,2 %, за последние 20 лет (1993–2014 гг.) – увеличились на 1,1 %, ели – уменьшилась на 1,8 %.

Таблица 2

Динамика структуры лесного фонда Республики Карелия за 1956–2014 гг.

Категория земель	Площадь, % по годам учета												
	1956	1966	1973	1978	1983	1993	1998	2003	2008	2011	2014		
Лесные земли	64,7	64,8	64,9	64,7	64,8	65,3	65,7	65,7	65,6	65,5	65,5		
В том числе:													
покрытые лесом	59,2	53,3	55,1	56,1	59,4	60,7	62,8	63,6	63,7	63,8	63,9		
не покрытые лесом	5,5	10,3	7,8	6,4	3,0	2,6	1,7	1,3	1,3	1,2	1,2		
Несомкнувшиеся культуры	–	1,2	2,0	2,2	2,4	2,0	1,2	0,8	0,6	0,5	0,4		
Нелесные земли	35,3	35,2	35,1	35,3	35,2	34,7	34,3	34,3	34,4	34,5	34,5		

Таблица 3

Динамика распределения покрытой лесом площади по преобладающим породам за 1956–2014 гг.

Преобладающая порода	Площадь, % по годам учета												
	1956	1966	1973	1978	1983	1993	1998	2003	2008	2011	2014		
Сосна	64,4	59,6	59,0	58,9	60,2	63,9	63,8	64,5	65,0	64,9	64,6		
Ель	27,1	28,7	28,0	27,9	27,3	25,6	25,1	24,2	23,2	23,3	23,5		
Лиственные	8,5	11,7	13,0	13,2	12,5	10,5	11,1	11,3	11,8	11,8	11,9		

На протяжении 60-летнего анализируемого периода наблюдается увеличение площади лиственных пород, при этом максимум приходится на период больших объемов лесозаготовок, когда вырубки лесов не обеспечивались полноценным лесовосстановлением и уходом за лесными культурами. Значительные площади вырубок оставались под естественное зарастивание, где происходила смена хвойных пород лиственными.

Следует отметить, что на состояние лесного фонда оказала влияние вынужденная рубка преимущественно лучших хвойных лесов и оставление на корню в освоенных рубками сырьевых базах большей части лиственных и низкотоварных хвойных насаждений. Такая практика лесопользования в прошлом была обусловлена расхождением плана вывозки и расчетного лесосечного фонда по выходу деловых сортиментов разных пород и балансов. Это несоответствие приводило к ежегодному недоиспользованию лесосеки по лиственному хозяйству в объеме 1,3 млн м³ [3].

За период с 1956 г. по 1983 г. наблюдалось снижение общего запаса насаждений республики от 1020,4 до 786,6 млн м³. В последующем запас увеличился от 827,5 в 1993 г. до 961,1 млн м³ в 2014 г.

За 60-летний период (1956–2014 гг.) вырублено 51,0 % площади спелых и перестойных сосновых насаждений и 43,0 % еловых (табл. 4). Площадь спелых и перестойных сосновых насаждений уменьшилась на 1,8 млн га, при этом запас – на 219,4 млн м³, еловых – на 0,8 млн га, запас – на 117,7 млн м³. Общая площадь лиственных пород за этот промежуток времени увеличилась в 1,5 раза, а запас – в 3,0 раза. Доля спелых и перестойных лиственных насаждений возросла в 3,2 раза.

Интенсивная эксплуатация лесов существенно отразилась на возрастной структуре. За 60-летний период увеличилась доля молодняков и средневозрастных древостоев соответственно на 29,2 и 5,5 %. В тоже время за этот период происходит снижение доли приспевающих, спелых и перестойных лесов на 1,4 и 37,5 % соответственно. Следует, что в сосновых лесах распределение по группам возраста более или менее равномерное и соответствует «теории нормального леса» [1] за исключением приспевающих, доля которых минимальна. Аналогичное изменение в возрастной структуре наблюдается в еловых лесах, где доля молодняков и средневозрастных древостоев увеличилась на 25,6 и 6,9 % соответственно. Доля приспевающих лесов на протяжении всего анализируемого периода стабильна и составляет 8,2...8,5 %. Несмотря на интенсивную выборку спелых и перестойных еловых насаждений их доля остается довольно высокой (до 46,0 %).

Продуктивность лесов, характеризуемая средним запасом, приведена в табл. 5. Средний запас сосновых насаждений существенно не изменился, за исключением молодняков, где за последние 20 лет он увеличился в 1,6 раза.

Таблица 4

Динамика лесного фонда за 1956–2014 гг.

Преобладающая порода	Площадь, тыс. га / Запас, млн м ³ , по годам учета													
	1956	1966	1973	1978	1983	1993	1998	2003	2008	2014				
Сосна	5357,4 641,1	4668,2 536,3	4875,5 492,8	4912,4 455,1	5316,8 438,8	5705,1 485,9	5914,2 528,7	5958,0 533,3	6016,3 560,9	5972,5 567,7				
В том числе спелая и перестойная	3558,8 465,4	2618,3 345,2	2304,8 283,4	1993,3 241,2	1775,0 212,6	1661,8 214,4	1640,5 216,1	1569,7 207,4	1563,2 209,6	1723,7 246,0				
Ель	2253,5 337,6	2247,9 304,8	2314,2 297,6	2326,9 280,2	2402,2 268,8	2291,8 261,9	2332,1 285,3	2231,2 268,2	2148,1 265,0	2171,5 268,6				
В том числе спелая и перестойная	1763,4 290,3	1610,7 230,3	1496,4 211,0	1296,6 194,5	1174,5 171,8	1013,6 155,7	1048,2 168,1	926,2 149,7	895,9 147,3	999,0 172,6				
Лиственные	741,8 41,7	916,4 64,0	1074,3 76,9	1101,0 75,9	1097,3 79,0	933,7 79,7	1019,6 105,1	1043,6 108,8	1089,1 117,1	1106,0 124,7				
В том числе спелые и перестойные	209,6 19,6	207,8 23,9	201,2 32,2	205,6 32,2	222,7 26,7	207,6 33,9	291,5 51,7	278,1 49,7	328,4 58,2	349,5 63,6				
Итого хвойные и лиственные	8352,7 1020,4	7832,5 905,1	8264,0 867,3	8340,3 811,2	8816,3 786,6	8930,6 827,5	9265,9 919,1	9234,4 910,4	9254,9 943,1	9251,3 961,1				
В том числе спелые и перестойные	5531,8 775,3	4436,8 599,4	4002,4 526,6	3495,2 467,9	3172,2 411,1	2883,0 404,0	2980,2 435,9	2774,0 406,9	2787,5 415,1	3072,2 482,2				

Таблица 5

Динамика средних запасов насаждений основных лесообразующих пород

Возрастные группы	Запас, м ³ /га, по годам учета		
	1956	1978	2014
<i>Сосна</i>			
Молодняки	24	25	39
Средневозрастные	120	122	112
Приспевающие	172	167	177
Спелые и перестойные	131	121	143
<i>Средний</i>	120	93	95
<i>Ель</i>			
Молодняки	15	19	35
Средневозрастные	101	115	110
Приспевающие	128	182	193
Спелые и перестойные	165	150	173
<i>Средний</i>	150	120	124
<i>Лиственные</i>			
Молодняки	8	11	11
Средневозрастные	57	79	85
Приспевающие	108	138	144
Спелые и перестойные	94	157	182
<i>Средний</i>	56	69	113

Незначительное увеличение средних запасов спелых и перестойных хвойных насаждений обусловлено переводом (за счет снижения возраста рубки) части приспевающих насаждений в спелые. Средний запас приспевающих сосновых насаждений в 1,2–1,4 раза выше, чем спелых и перестойных. Аналогичное изменение среднего запаса насаждений наблюдается в ельниках. В целом средний запас сосновых насаждений за 60 лет снизился на 23,0 % в ельниках – на 19,0 %. В лиственных насаждениях на протяжении всего 60-летнего анализируемого периода отмечено постоянное увеличение среднего запаса во всех категориях древостоев, в целом по лиственному хозяйству он возрос почти вдвое.

Таким образом, анализ лесного фонда показал, что в Республике Карелия преобладают сосновые насаждения, которые занимают 64,6 % всей лесопокрытой лесом площади. Распределение насаждений по группам возраста

неравномерное. Доминируют молодняки, спелые и перестойные леса. Незначительная доля приспевающих насаждений (7,0 %) не позволяет планировать устойчивое лесопользование на перспективу. Вырубка ценных высокопродуктивных насаждений способствовала накоплению низкобонитетных насаждений (до 40,0 % хвойных древостоев растут по V, V^a-V^b классу бонитета), имеющих низкие запасы древесины. Увеличилась площадь и запасы лиственных пород, которые занимают наиболее продуктивные местопроизрастания. В целом по хвойному хозяйству наблюдается снижение средних запасов. Для улучшения состояния лесного фонда необходимо активное проведение лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности лесов, улучшение породного и возрастного состава и ускоренное поспевание средневозрастных лесов путем целевого ухода за ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анучин Н.П.* Лесоустройство. М.: Изд-во с.-х. лит-ры, 1962. 258 с.
2. *Елина Г.А.* Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 159 с.
3. *Кабанов В.В.* О состоянии лесных ресурсов и перспективах лесопользования в Карельской АССР // Комплексное использование и воспроизводство лесных ресурсов Карельской АССР. Петрозаводск: Кар. филиал АН СССР, 1985. С. 132–140.
4. *Моисеев Н.А.* Леса и лесной сектор Архангельской области: их историческая роль и место в национальной лесной политике России // Лесн. журн. 2012. № 4. С. 7–15. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 04.06.15

UDC 630*611

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.19

Structure and Dynamics of the Forest Reserves of the Republic of Karelia*V.A. Anan'ev, Candidate of Agricultural Sciences**S.A. Moshnikov, Candidate of Agricultural Sciences*

Forestry Research Institute of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya str., 11, Petrozavodsk, 185910, Russian Federation;
e-mail: vladimir.ananyev@krc.karelia.ru, moshniks@krc.karelia.ru

The distribution of the state forest reserves according to the land categories is analyzed. The long-term (60 years) dynamics of the forested area has been traced. The species composition of the Karelian forests is characterized. The pine forests dominate in the Republic (65 % of the state forest reserves); spruce forests occupy 23 %, deciduous forests – 12 %. The analysis of the age structure demonstrates the uneven distribution of the conifer plantations according to the age classes. The share of the ripening stands is low (7 %), which complicates the long-term planning for the sustainable forest management in the Republic. The ecological spectrum of the Karelian forests is quite wide and represented by 16 major forest types,

ranging from the poor Sphagnum types to the most productive sorrel types. The myrtillus-type predominates among the spruce stands (63 % of the area occupied by the species). Pine stands are represented by the vaccinium and myrtillus forest types (36 and 32 %, respectively). The intensive harvesting of productive coniferous plantations has resulted in the accumulation of the low-quality stands. Up to 40 % of coniferous stands fall into the V, V^a-V^b quality classes, and feature the low standing crop. Stands of the V-V^a quality classes are most unique to the pine and spruce stands of the Sphagnum and haircap-moss types; stands of the III and IV classes – for the vaccinium and myrtillus forest types. Up to 75 % of the area occupied by the deciduous species feature high productive growth conditions (II-III quality classes). The analysis of the long-term forest dynamics has demonstrated the decrease of the proportion of pine stands over the period of the intensive forest use (1951–1983), whereas the area and share of deciduous stands have been constantly increasing. Extensive harvested areas were left for the natural reforestation, and coniferous species have been replaced by deciduous species. As a result, the total area occupied by the latter increased 1.5-fold and their standing stock grew 2.9-fold. Studying the dynamics of plantations productivity over 60 years has shown a significant increase in the standing stock of young pine and spruce stands. But the average stock of pine and spruce stands in general dropped by 23 and 19 %, respectively. The active forestry measures are needed to improve the state forest reserves. They should raise the forest productivity, enhance the species composition and a uniform distribution according to the age groups, as well as to accelerate the ripening of the middle-aged forests by the targeted tending.

Keywords: forest reserves, structure, dynamics, productivity, forest management.

REFERENCES

1. Anuchin N.P. *Lesoustroystvo* [Forest Management]. Moscow, 1962. 258 p.
2. Elina G.A. *Printsipy i metody rekonstruktsii i kartirovaniya rastitel'nosti golotsena* [Principles and Methods of Holocene Vegetation Reconstruction and Mapping]. Leningrad, 1981. 159 p.
3. Kabanov V.V. O sostoyanii lesnykh resursov i perspektivakh lesopol'zovaniya v Karel'skoy ASSR [On the State of Forest Resources and Forest Management Perspectives in the Karelian ASSR]. *Kompleksnoe ispol'zovanie i vosproizvodstvo lesnykh resursov Karel'skoy ASSR* [Multipurpose Use and Reproduction of Forest Resources in the Karelian ASSR]. Petrozavodsk, 1985, pp. 132–140.
4. Moiseev N.A. Lesa i lesnoy sektor Arkhangel'skoy oblasti: ikh istoricheskaya rol' i mesto v natsional'noy lesnoy politike Rossii [Forests and the Forestry Sector of Arkhangelsk Region: Their Historical Role and Place in the National Forest Policy of Russia]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 4, pp. 7–15.

Received on June 04, 2015

УДК 630*232.32

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.30

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДРАЖИРОВАННЫХ СЕМЯН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПРЕПАРАТОВ

В.В. Копытков¹, канд. с.-х. наук, доц.

В.Н. Коновалов², д-р с.-х. наук, проф.

¹Институт леса Национальной академии наук Беларуси, ул. Пролетарская, д. 71, г. Гомель, Республика Беларусь, 246001; e-mail: korvo@mail.ru

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: v.konvalov@narfu.ru

Для разработки технологии получения дражированных семян и последующего их применения в лесопитомническом хозяйстве необходимо провести исследования по выбору ингредиентов и оптимизации соотношений композиционных полимерных составов и целевых добавок. Это позволит более рационально использовать дорогостоящие семена и в полном объеме обеспечит посадку леса стандартным посадочным материалом. Исследовали семена сосны обыкновенной первого–третьего классов качества. Масса 1000 шт. семян варьировала от 6,35 до 7,83 г, чистота – от 96,0 до 99,1 %. Лабораторные исследования по определению всхожести и энергии прорастания дражированных семян хвойных пород осуществлены по разработанной нами методике. Использовали пластмассовые растильни и двойную гофрированную фильтровальную бумагу. Высота одного зубца гофрированной фильтровальной бумаги составляла (20±1) мм. Оптимальные значения концентраций ингредиентов полимерного состава для максимальных значений влагоудерживающей способности и прочности при разрыве различны. Сопоставление коэффициентов значимости позволило определить следующие оптимальные соотношения компонентов в полимерной композиции, мас. %: растительные полисахариды на основе сосны – 62...70; натриевая соль карбоксилметилцеллюлозы – 7...12; сапропель – 5...9; вода. Наилучшие показатели качества полученных дражированных семян зафиксированы на вариантах с совместным использованием растительных полисахаридов с размером частиц 350...400 мкм. Прочность гранул дражированных семян при сжатии таких фракций была максимальной и составила 34...37 Н. Анализируя полученные опытные партии дражированных семян на этих вариантах опыта, можно отметить, что практически 100 % семян имеют оптимальный равномерный размер гранул, их прочность (20...30 Н) позволяет использовать подобные семена при механизированном посеве в лесных питомниках для выращивания посадочного материала.

Ключевые слова: дражирование семян, технология, композиционные препараты, всхожесть.

Введение

При выращивании стандартного посадочного материала для лесного хозяйства большое значение имеет предпосевная обработка семян. Дражирование

семян – один из перспективных способов подобной обработки, которая представляет собой заключение семян в оболочку из органоминеральных материалов, полимерных связующих и целевых добавок. Подготовка различных семян методом дражирования известна давно [2, с. 17; 4, с. 10]. Наибольшее распространение технология дражирования получила при обработке семян сельскохозяйственных культур. Современные технологии дражирования семян основаны на физических, химических и физиологических процессах, учитывают мембранные механизмы и используют нанотехнологии. Для успешного роста и развития сеянцев необходимо обеспечить семена сбалансированным питанием, а также микроэлементами и влагой.

Дражирование семян лесных древесных и кустарниковых пород решает проблему их заболеваемости и гибели при неблагоприятных почвенно-климатических и экстремальных условиях. При посеве дражированных семян создаются наиболее благоприятные условия для прорастания и начального развития растений. Семена сорных растений оказываются в худших условиях, и поэтому появившиеся раньше сеянцы лесных пород занимают лидирующее положение и не дают развиваться сорнякам. Дополнительное стимулирование на начальном этапе роста сеянцев и значительный эффект от дражирования можно получить при введении в полимерный состав целевых добавок. При получении дражированных семян большое значение имеет состав полимерной композиции для покрытия семян. В качестве клеящего вещества для дражирования семян используют различные полимеры. Оптимальным препаратом для получения дражированных семян являются композиции, включающие полимерные связующие и целевые добавки [6, с. 6]. В качестве полимерного связующего используют мочевиноформальдегидные соединения и полифосфаты, водные растворы солей, а также поливинилацетата и др. Такое покрытие на семенах является не только источником элементов питания пролонгированного действия, но и оказывает мелиорирующее действие на почву. В качестве целевых добавок используют различные органоминеральные вещества, стимуляторы роста, фунгициды и микроэлементы.

Для условий Беларуси наиболее доступным сырьем являются композиции на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы и поливинилового спирта, растительных полисахаридов, стимуляторов роста, торфа, глины, фунгицидов и др. Данные материалы обладают хорошей адгезией к поверхности семян. Это позволяет увеличить выход качественных дражированных семян и уменьшить количество целевых добавок при самом процессе дражирования. Выбор целевых добавок должен быть строго дифференцирован с учетом почвенно-климатических условий, сроков посева и конкретного вида семян. Для южных районов Беларуси целевые добавки должны обладать максимальной гигроскопичностью. Особые требования должны предъявляться и к водородному показателю всей дражирующей массы. Дражирующая масса для хвойных пород должна иметь водородный показатель pH 4,5...5,5 [9, с. 12].

Исследования по выбору ингредиентов и оптимизации соотношений композиционных полимерных составов и целевых добавок необходимы для разработки технологии получения дражированных семян при последующем их применении в лесопитомническом хозяйстве. Это позволит более рационально использовать дорогостоящие семена и в полном объеме обеспечить посадку леса стандартным посадочным материалом.

Методика исследований

Разработка композиционных полимерных составов с различными целевыми добавками для дражирования семян хвойных пород проводилась путем сочетания компонентов различных концентраций и природы. Для исследования была использована натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, а также природные вещества различных фракций и целевые добавки (торф, сапрпель, глина, песок, растительные полисахариды, органоминеральные удобрения и стимуляторы роста).

Изучение структуры композиционных полимерных препаратов для дражирования семян проводили методом ИК спектроскопии на спектрофотометре «Nicolet 2400» в Институте леса НАН Беларуси и спектрометре Nicolet 5700 FT-IR в Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси. Оптическую плотность характеризовали интенсивностью поглощения (D), которую определяли методом базовой линии. В качестве характеристических полос использовали полосу 3350 см^{-1} , которую можно отнести к внутримолекулярным водородным связям, и полосы 3405 и 3305 см^{-1} , относящиеся к межмолекулярным водородным связям [3, с. 22; 10, с. 74]. Реологические свойства разработанных составов исследовали на ротационном вискозиметре «РЕОТЕСТ 2.1» в режиме постоянных скоростей сдвига в диапазоне $3\text{...}1312\text{ с}^{-1}$ с рабочим узлом типа «цилиндр–цилиндр» в интервале температур $18\text{...}50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определение влагоудерживающей способности проводили весовым методом на аналитических весах ВЛР-200 второго класса точности [1, с. 4].

Использовали семена сосны обыкновенной первого–третьего классов качества. Масса 1000 шт. семян варьировала от 6,35 до 7,83 г, чистота – от 96,0 до 99,1 %. Лабораторные исследования по определению всхожести и энергии прорастания дражированных семян хвойных пород осуществляли по разработанной нами методике. Использовали пластмассовые растильни и двойную фильтровальную бумагу, которую гофрировали вручную. Высота одного зубца гофрированной фильтровальной бумаги составляла (20 ± 1) мм. Дражированные семена помещали на дно гофрированной фильтровальной бумаги с расстоянием 4...5 мм друг от друга. Выравненность дражированных семян по размеру определяли путем использования решет с диаметром ячеек 2,0...6,0 мм. Для определения содержания драже с поврежденной оболочкой и дробленых драже просматривали 3 пробы по 100 драже. Наличие количества семян в драже определяли путем раздавливания 3-х проб по 50 драже. За результат испытания

принимали среднее арифметическое результатов 3-х проб по 50 драже. Использовали разработанную методику определения прочности дражированных семян, которая основана на взаимозависимости максимального эквивалентного напряжения и жесткости гранул.

Полученные результаты исследований обработаны методами математической статистики, оптимизация составов выполнена с применением симплекс-решетчатого метода планирования эксперимента [5, с. 145; 11, с. 373].

Результаты исследований

В Институте леса НАН Беларуси совместно со специалистами Института механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке экспериментальных и опытных установок грануляторов и композиционных полимерных составов для получения дражированных семян. Разработан гранулятор шнекового типа и органоминеральная композиция с целевыми добавками для получения гранул. Нарботанные опытные партии гранулированных семян использовались для создания лесных культур в период с 1990 г. по 1992 г. в Гомельском государственном производственном лесохозяйственном объединении на землях с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения способами автосева и аэросева. Лесные культуры были созданы на площади более 2 тыс. га. Лесоводственная эффективность создания лесных культур методом аэросева составила 43 %, автосева – 100 % [7, с. 133].

Различные виды наполнителя при гранулировании семян сосны обыкновенной оказывают неодинаковое влияние на биометрические показатели гранул. Наибольшая длина гранул получена на варианте с торфом ($7,7 \pm 0,3$ мм), наименьшая – с сапропелем ($7,4 \pm 0,2$ мм). Различное соотношение торфа и сапропеля в композиции оказывает влияние не только на длину, но и на диаметр гранул. Диаметр гранул находится в пределах от 3,9 до 5,9 мм, масса одной гранулы – от 13,0 до 15,4 г.

Однако получение гранулированных семян шнековым методом имеет два существенных недостатка: 1-й – в одной грануле может находиться различное количество семян (от 1 до 3 шт.); 2-й – масса одной гранулы варьирует от 2 до 5 г, что приводит к дополнительному расходованию органоминеральных веществ и целевых добавок.

Существенное влияние на качество используемых дражированных семян имеет размер частиц всех компонентов покрытия. Поэтому перед дражированием компоненты измельчали до 300...600 мкм и сепарировали. Питательные вещества и целевые добавки драже обеспечивают семена на начальном этапе роста достаточным количеством влаги, и растения обладают более мощной корневой системой и надземной частью. При дражировании семян доза и соотношение целевых добавок зависят от биологических особенностей древесных и кустарниковых пород, а также от природы компонентов смесей

и их концентраций. Установлено, что повышенные дозы целевых добавок оказывают ингибирующее действие на процессы прорастания семян, снижают лабораторную всхожесть или могут вызывать гибель всходов.

Важным критерием при посеве дражированных семян является определение концентрации ингредиентов в дражирующем составе в целях получения драже с максимальной влагоудерживающей способностью и прочностью. Такую оптимизацию проводили с каждой новой партией компонентов, так как свойства природных полисахаридов (в частности древесных опилок из сосны, дуба и березы) зависят от условий местопрорастания растений и климатических факторов.

Изучено влияние концентрации растительных полисахаридов на условную вязкость растворов с содержанием натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы порядка 5...8 %. Анализ позволил установить резкое возрастание вязкости независимо от природы используемого растительного полисахарида, что можно объяснить хорошей структурирующей способностью выбранных наполнителей. Наибольшая условная вязкость наблюдалась в полимерных составах, где в качестве источника растительного полисахарида использовали древесную муку на основе сосновых опилок. Данный наполнитель содержит большее количество химически активных элементов (благодаря наличию различных смол), наибольшее количество органических веществ, которые способны эффективно взаимодействовать с другими компонентами составов.

При введении различного рода источников растительных полисахаридов влагоудерживающая способность изменяется. Для сравнительного анализа нами были исследованы различные составы с одинаковым содержанием растительных полисахаридов (5 мас. %) при относительной влажности воздуха 85 %. Экспериментальные данные свидетельствуют, что спустя 30 ч после начала эксперимента из составов как на основе одного водорастворимого полимера, так и одного растительного полисахарида испарилось около 90 % влаги, в то время как из составов с растительным полисахаридом древесная мука–береза испарилось 60 %, древесная мука–дуб – 67 %, древесная мука–сосна – 58 %.

В ИК-спектрах пленок обнаружено снижение, в зависимости от времени экспозиции, интенсивности пиков поглощения, соответствующих гидратированному полисахаридному компоненту (при 3355...3450 см⁻¹, 1650 и 1000...1150 см⁻¹), и увеличение интенсивности поглощения в областях спектра, отвечающих окислительным формам полимера.

Сочетание в композиции наполнителя – источника растительного полисахарида и водорастворимого полимера значительно увеличивает влагоудерживающую способность, так как все компоненты органической части по своей природе гидрофильны и способны интенсивно сорбировать влагу. В результате частичного испарения влаги макромолекулы водорастворимых полимеров

приобретают более компактную конформацию и, благодаря пленкообразующей способности и высокой адгезии последних, закупоривают поры, что, по-видимому, и препятствует испарению влаги.

Условия, позволяющие наиболее информативно определить функции откликов, были определены на основе анализа графических зависимостей. Оптимальные значения концентраций ингредиентов полимерного состава для максимальных значений влагоудерживающей способности и прочности при разрыве различны. Сопоставление коэффициентов значимости позволило определить следующие оптимальные соотношения компонентов в полимерной композиции, масс. %) [8, с. 2]: растительные полисахариды на основе сосны – 62...70; натриевая соль карбоксилметилцеллюлозы – 7...12; сапропель – 5...9; вода.

Наилучшие показатели качества полученных дражированных семян зафиксированы на вариантах с совместным использованием источников растительных полисахаридов с размером частиц 350...400 мкм. Прочность гранул дражированных семян при сжатии при таких фракциях была максимальной и составила 34...37 Н. Анализируя полученные опытные партии дражированных семян на этих вариантах опыта, можно отметить, что практически 100 % семян имеют оптимальный равномерный размер гранул, а их прочность (20...30 Н) позволяет использовать подобные семена при механизированном посеве в лесных питомниках для выращивания посадочного материала. При этом в каждой грануле было 1 семя. Такая оболочка не разрушается высевающим аппаратом сеялок, обладает хорошей водопоглотительной способностью и набухает в почве, что оказывает стимулирующее действие на всхожесть семян и энергию их прорастания. При отсутствии в составе растительных полисахаридов и целевых добавок получить драже семян требуемого размера не представляется возможным (происходит так называемое инкрустирование семян). Это связано с тем, что раствор водорастворимого полимера не способен на семени удерживать не только целевые добавки, но и свою собственную массу.

Проведенные исследования с использованием торфа в качестве органического вещества, глины и песка в качестве минеральной части позволили установить резкое возрастание вязкости независимо от природы введенного органоминерального вещества. Это объясняется хорошей структурирующей способностью выбранных наполнителей. Органические вещества в виде торфа способны связывать большое количество воды за счет осмотического проникновения в композит молекул воды и образования водородных связей с функциональными группами системы. Сочетание в составе органоминеральных веществ и водорастворимого полимера значительно увеличивает влагоудерживающую способность. Это связано с тем, что почти все компоненты орга-

нической части по своей природе гидрофильны и способны интенсивно сорбировать влагу.

Наилучшей влагоудерживающей способностью обладает полимерный состав с концентрацией наполнителя 34...62 %. В этом интервале концентраций влагоудерживающая способность изменяется всего на 3...4 %.

В табл. 1 представлены оптимальные значения функций и соответствующие им значения исследуемых факторов.

Таблица 1

**Расчетные оптимальные значения функций
и соответствующие им значения исследуемых факторов**

Функция отклика	Исследуемые факторы, %		
	Органические вещества	Полимер	Минеральные вещества
Количество испарившейся влаги ($Y_1^{\min} = 19,8 \%$)	43	7	0,16
Прочность при сжатии ($Y_2^{\max} = 22,3 \text{ МПа}$)	32	5	0,22

Из данных табл. 1 видно, что концентрация органоминеральных веществ, способствующая образованию покрытий с максимальной прочностью при сжатии, ниже, чем в составах, обладающих максимальной влагоудерживающей способностью.

На основании проведенных расчетов установлены оптимальные концентрации ингредиентов по функциям откликов Y_1 и Y_2 в композиционном составе, мас. %: органические вещества – 58...67; минеральные вещества – 3...6; натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы – 5...8; стимулятор роста (экосил) – 2...5; вода.

Исследовано влияние органоминеральных составов при получении дражированных семян на их энергию прорастания и всхожесть. Анализ показывает, что от размера частиц растительных полисахаридов зависит энергия прорастания семян сосны обыкновенной и ее всхожесть. Оптимальный размер фракций органоминеральных веществ составляет 300...450 мк.

Изучено влияние предпосевной обработки семян хвойных пород на лабораторную всхожесть в зависимости от их класса качества. Установлено, что семена первого и второго классов качества неэффективно использовать для получения дражированных семян из-за низкой энергии их прорастания и всхожести. Для дражирования необходимо использовать только семена первого класса качества.

Посевные качества дражированных семян сосны обыкновенной и ели обыкновенной должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.

Таблица 2

Требования, предъявляемые к дражированным семенам хвойных пород

Показатель	Норма	
	для сосны	для ели
Всхожесть, % не менее	90	85
Чистота, % не менее	90	85
Технические качества дражированных семян:		
содержание драже с одним семенем, % не менее	95	90
содержание драже с 2-3 семенами, % не более	3	5
содержание драже без семян, % не более	2	2
Выравненность драже по размеру, % не менее	85	85

Таким образом, на основе проведенных исследований определены ингредиенты и их концентрации в композиционном полимерном препарате для получения дражированных семян хвойных пород. Разработанные композиционные полимерные препараты имеют широкий спектр действий. Они повышают всхожесть семян, увеличивают выход стандартных сеянцев в питомнике, усиливают развитие корневой системы и фотосинтетическую активность. Целевые добавки оказывают положительное влияние на физико-химические свойства дражированных семян.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 6806–73. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности при изгибе. Введ. 01.07.74. М.: Изд-во стандартов, 1988. 5 с.
2. Будков В.А., Пухальская Н.В. Дражирование семян сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2009. № 2. С. 17–19.
3. Дехант И., Данц Р., Киммер В., Школьне Р. Инфракрасная спектроскопия полимеров. М.: Химия, 1976. 471 с.
4. Доронин В.А., Марченко С.И., Бусол М.В., Мотренко С.Н. Предпосевная подготовка семян // Сахарная свекла. № 2. 2007. С. 9–11.
5. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
6. Копытков В.В. Руководство по исследованию и применению композиционных материалов при лесовыращивании. М.: Изд-во «Полеспечать», 1991. 233 с.
7. Копытков В.В., Кулик А.А., Копытков В.В., Сак В.Б. Технология получения дражированных семян на основе композиционных полимерных материалов. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2008. 165 с.
8. Пат. 14436 Респ. Беларусь, МПК А 01 С 1/06. Полимерная композиция для предпосевной обработки семян / В.В. Копытков; заявитель Ин-т леса НАН Беларуси. № 20090577; заявл. 20.04.2009; опубл. 30.06.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуальнай уласнасці. 2011. № 3 (80). С. 43.
9. Родин А.Р. Перспективы использования полимеров в лесокультурном производстве // Лесн. хоз-во. 1990. № 12. С. 11–15.

10. Смит Т. Прикладная ИК-спектроскопия. М.: Мир, 1982. 328 с.
11. Эренберг А.М. Анализ и интерпретация статистических данных. М.: Финансы и статистика, 1981. 406 с.

Поступила 25.03.15

UDC 630*232.32

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.30

The Seed Pelleting Technology with the Use of the Composite Polymer Preparations

V.V. Kopytkov¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

V.N. Konovalov², Doctor of Agricultural Sciences, Professor

¹Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Proletarskaya str., 71, Gomel, 246001, Republic of Belarus; e-mail: kopvo@mail.ru

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: v.konovalov@narfu.ru

Studies of the choice of the ingredients and optimization of ratios of composite polymeric structures and target additives are necessary for the development of the technology of pelleted seeds and their subsequent use in the forest nursery economy. It will allow the more rational use of expensive seeds and provide the forest planting by the standard planting material. Seeds of Scotch pine from the first to the third quality classes have been studied. The weight of 1000 pieces of seeds varied from 6.35 to 7.83 g, and the purity – from 96.0 to 99.1 %. The laboratory researches on the determination of viability and energy of germination of pelleted seeds of conifers were carried out by the technique developed by the authors. We used plastic germinators and double crepe filter paper. The height of one tooth of crepe filter paper was 20±1 mm. The optimum values of concentration of ingredients of the polymeric structure for the maximum values of moisture-holding ability and durability at a gap were various. The comparison of the significance coefficients allowed defining the following optimum ratios of the components in the polymeric composition (wt, %): vegetable polysaccharides based on pine – 62...70; sodium carboxymethyl cellulose – 7...12; saporol – 5...9; water. The best quality indicators of the received pelleted seeds were observed in the variants with the shared use of vegetable polysaccharides with the particles of the size of 350...400 microns. The strength of the coated seed pellets under compression of the fractions was maximum and made 34...37 N. Analysing the received test batches of pelleted seeds in these variants of the experiment we can assert that nearly 100 % of seeds have the optimum uniform size of granules, and their strength (20...30 N) allows using similar seeds in mechanized planting in the forest nurseries for the cultivation of planting material.

Keywords: seed pelleting, technology, composite preparations, germinability.

REFERENCES

1. GOST 6806–73. *Materialy lakokrasochnye. Metod opredeleniya elastichnosti pri izgibe* [State Standard 6806–73. Paints and Varnishes. Method for the Flexural Resistance Determination]. Moscow, 1988. 5 p.
2. Budkov V.A., Pukhal'skaya N.V. Drazhirovanie semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Seed Pelleting of Crops]. *Plodorodie*, 2009, no. 2, pp. 17–19.
3. Dechant J., Danz R., Kimmer W., Schmolke R. *Ultrarotspektroskopische Untersuchungen an Polymeren*. Berlin, 1972. 472 p.
4. Doronin V.A., Marchenko S.I., Busol M.V., Motrenko S.N. Predposevnaya podgotovka semyan [Seeds Presowing Treatment]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 2007, no. 2, pp. 9–11.
5. Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical Statistics in Experimental Botany]. Moscow, 1984. 424 p.
6. Kopytkov V.V. *Rukovodstvo po issledovaniyu i primeneniyu kompozitsionnykh materialov pri lesovyrashchivanii* [Guide to the Study and Application of Composite Materials in the Forest Growing]. Moscow, 1991. 233 p.
7. Kopytkov V.V., Kulik A.A., Kopytkov V.Vl., Sak V.B. *Tekhnologiya polucheniya drazhirovannykh semyan na osnove kompozitsionnykh polimernykh materialov* [Technology of the Pelleted Seeds Receiving on the Basis of Composite Polymeric Materials]. Gomel, 2008. 165 p.
8. Kopytkov V.V. *Polimernaya kompozitsiya dlya predposevnoy obrabotki semyan* [Polymeric Composition for the Seeds Presowing Treatment]. Patent of the Republic of Belarus, no. 14436, 2009.
9. Rodin A.R. Perspektivy ispol'zovaniya polimerov v lesokul'turnom proizvodstve [Prospects of the Use of Polymers in the Silvicultural Production]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1990, no. 12, pp. 11–15.
10. Smith A.L. *Applied Infrared Spectroscopy*. New York, 1979. 336 p.
11. Erenberg A.M. *Analiz i interpretatsiya statisticheskikh dannykh* [Analysis and Interpretation of Statistical Data]. Moscow, 1981. 406 p.

Received on March 25, 2015

УДК 582.477.6:581.162.3
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.40

**ОПЫЛЕНИЕ У МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО
(*Juniperus communis* L.): МЕХАНИЗМ ВОВЛЕЧЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ
И ВЛИЯНИЕ МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА
НА РАЗВИТИЕ СЕМЯЗАЧАТКОВ И «ШИШКОЯГОД»***

М.В. Сурсо, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр.

Н.В. Селиванова, канд. хим. наук, ст. науч. сотр.

Институт экологических проблем Севера Уральского отделения Российской академии наук, наб. Северной Двины, д. 23, г. Архангельск, Россия, 163000;
e-mail: surso@ierp.ru

Методами световой микроскопии изучали развитие опыленных и неопыленных семязачатков можжевельника с периода рецептации до начала формирования «шишкоягод». Морфогенез неопыленных семязачатков и макростробилов протекал без существенных нарушений до начала формирования клеточного гаметофита. Вскоре после начала его формирования в неопыленных семязачатках происходило постепенное затухание митозов, появлялись признаки дегенерации тканей в халазальной части и в зоне архегониальных комплексов. При этом сохранность неопыленных макростробилов оставалась высокой. К началу позднего эмбриогенеза в опыленных семязачатках практически все неопыленные женские шишки погибли. В сохранившихся единичных неопыленных шишках наблюдались признаки дегенерации покровных тканей и паренхимы «шишкоягод». Изучение экссудации и ретракции секреторной жидкости проводили в лабораторных условиях в целях изучения влияния внешних агентов на их динамику у можжевельника. Испытывали 3 варианта опыления: жизнеспособной пыльцой можжевельника (сбор прошлого года); свежесобранной пыльцой сосны обыкновенной; без опыления. При опылении чужеродной пыльцой ретракция задерживалась не менее чем на 12 ч. При отсутствии опыления экссудационная деятельность микропиллярной зоны семязачатков продолжалась не менее 60 ч. Полная ретракция секреторной жидкости при этом происходила через 120 ч. Качественный состав летучих фракций органических соединений опылительной капли можжевельника проводили при помощи газового хромато-масс-спектрометра QP-2010 Ultra («Shimadzu», Япония), аминокислотный состав экссудационного секрета и пыльцы можжевельника – на аминокислотном анализаторе BioChrom 30+ («Biochrom», Великобритания). Состав сахаров опылительной капли и пыльцы можжевельника изучали методом ВЭЖХ с использованием ВЭЖХ-системы Nexera XR («Shimadzu», Япония). Идентифицировано более 40 летучих веществ, принадлежащих к различным классам органических соединений. Их соотношение составило, %: алканы – 33,79; монотерпены – 0,29; тритерпены – 16,97; сесквитерпеновые спирты – 1,33; сложные эфиры – 18,41; карбоновые кислоты – 1,81; амиды карбоновых

* Исследования выполнены при поддержке администрации Архангельской области и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-04-98811), а также при финансовой поддержке ФАНО России в рамках проекта № 0410-2014-0025 на базе ЦКП «Арктика» при Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова.

кислот – 8,81. Результаты исследований подтверждают сложный химический состав и многофункциональность опылительной капли. Механизм опыления у можжевельника является эффективным и избирательным. Отсутствие опыления приводит к деструктивному типу развития тканей семязачатков и «шишкоягод».

Ключевые слова: можжевельник обыкновенный, опыление, опылительная капля, семязачатки.

Введение

Эффективность опыления, т. е. количество пыльцевых зерен своего вида, попавших на нуцеллус рецептивных семязачатков, у анемофильных хвойных видов определяется плотностью пыльцевого облачка, продолжительностью периода рецептации, механизмами улавливания пыльцы и ретракции пыльцевых зерен внутрь семязачатка. В свою очередь, плотность пыльцевого облачка зависит от объемов продуцируемой пыльцы, ее аэродинамических свойств, близостью реципиента к модулятору пыльцы, продолжительности периода рассеивания пыльцы, а также от метеоусловий в период пыления деревьев. Развитие семязачатков и женских шишек после рецептации обусловлено характером интеракции между мужским и женским гаметофитами. Оно зависит от наличия или отсутствия пыльцы на нуцеллусе, способности пыльцевого зерна прорасти в пыльцевую трубку (жизнеспособность пыльцы) и от способности микрогаметофита формировать жизнеспособные спермии (фертильность пыльцы). Можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.) является облигатным двудомным видом, поэтому единственно возможным типом опыления для него является ксеногамия. Отсутствие опыления приводит к деструктивному пути развития тканей семязачатков и «шишкоягод».

Материал и методика

Сбор исходного материала и эксперименты по искусственной изоляции макростробилов проводили в северной подзоне тайги (Приморский район Архангельской области). Опытные участки представляли собой густые куртины кустов старовозрастных можжевельников по открытым пологим склонам широкой долины ручья Кепинка.

Макростробилы в период рецептации фиксировали в уксусном спирте ежедневно с момента начала пыления макростробилов до смыкания микропиллярных каналов семязачатков и начала формирования «шишкоягод». В целях изучения динамики деградиационных процессов в тканях неопыленных семязачатков можжевельника изоляторы навешивали на женские растения до начала пыления единичных мужских особей на ветви с макростробилами второго ($n+1$) года развития. Съемку изоляторов проводили после окончания пыления всех деревьев. В качестве контроля использовали макростробилы, опыленные по ксеногамному типу. Фиксацию макростробилов производили в уксусном спирте. Весь фиксированный материал промывали и хранили до использования в 70 %-м этаноле. Одновременно со съемкой изоляторов

и фиксацией макростробилов проводили учет сохранности женских шишек в опыте. При изготовлении постоянных микротомных препаратов осуществляли общепринятую последовательность процедур [2]. Микротомные срезы толщиной 8...10 мкм окрашивали метиловым зеленым – пиронином G [1]. Просмотр и фотографирование изображений выполняли при помощи лабораторного микроскопа AxioScore A1 в комплекте с цифровой фотокамерой Canon G10. Изображения редактировали, используя лицензионную программу AxioVision LE Release 4.8.1. Препарирование семязачатков производили под бинокулярным микроскопом МБС-10. Временные препараты окрашивали 0,25%-м водным раствором сафранина. Изображения фотографировали и редактировали при помощи видеоокуляра Pro-MicroScan 5888 и лицензионного программного обеспечения ScopePhoto 3.0.

Для изучения динамики экссудации и ретракции секреторной жидкости ветви размером 50...70 см с рецептивными макростробилами срезали с женских растений до начала пыления единичных мужских растений. В микропилярной части у большинства семязачатков к этому времени уже было отмечено появление опылительной капли. Ветви, неплотно упакованные в герметично закрытые полиэтиленовые пакеты и уложенные срезами вниз во влажный сфагнум, в течение 3 ч доставляли в лабораторию. Для опытов использовали более короткие (15...30 см) верхние отрезки, которые ставили в вазоны с водой. В течение опытов воду доливали по мере необходимости. Спустя сутки проводили первичную морфометрию размеров опылительных капель. Диаметр капель измеряли (перпендикулярно оси микропилярного канала) при помощи измерительной шкалы бинокулярного микроскопа МБС-10. Испытывали 3 варианта опыления: жизнеспособной пылью можжевельника (сбор прошлого года); свежесобранной пылью сосны обыкновенной; без опыления. Цель экспериментов – изучение влияния внешних агентов на динамику экссудации и ретракции овулярного секрета можжевельника. Пыльцу наносили на поверхность капель путем рассеивания с близкого расстояния при помощи препаровальной иглы. Результативность опыления контролировали визуально. Периодичность измерения диаметра капли в опытах – 4...30 ч.

Для изучения химического состава секреторную жидкость, скапливающуюся в виде капелек на кончиках семязачатков в период рецептации, извлекали с помощью узких полосок тонкой фильтровальной бумаги. Полоски до использования хранили в герметично закрытых пластиковых пробирках в морозильной камере холодильника. Качественный состав летучих фракций органических соединений экссудационного секрета можжевельника контролировали при помощи газового хромато-масс-спектрометра QP-2010 Ultra («Shimadzu», Япония). Условия хроматографирования: колонка капиллярная Rtx-5MS диаметром 0,25 мм, толщина неподвижной фазы – 0,25 мкм, длина колонки – 30 м; ввод автосамплером, объем пробы 1 мкл; ввод пробы без деления потока; температура устройства ввода 250 °С; газ-носитель – гелий; управление потоком газа – постоянное давление; поток через колонку – 1,0 мл/мин; начальная

температура термостата 40 °С, изотерма 5 мин; подъем со скоростью 2,5 °С/мин до 260 °С, изотерма 20 мин; температура устройства сопряжения 250 °С; температура ионного источника 230 °С; энергия ионизации – 70 эВ; напряжение на детекторе – 0,87 кВ; режим работы масс-детектора – Scan (сканирование диапазона); диапазон сканирования масс – 35...450. Аминокислотный состав экссудационного секрета и пыльцы можжевельника определяли с помощью аминокислотного анализатора BioChrom 30+ («Biochrom», Великобритания). Условия хроматографирования: колонка – Oxidised Feedstuff Column («Biochrom»), термостат колонки – 37 °С, температура реакционной ячейки – 135 °С, реагент – нингидрин. Состав сахаров опылительной капли и пыльцы можжевельника изучали методом ВЭЖХ с использованием ВЭЖХ-системы Nexera XR («Shimadzu», Япония).

Результаты и обсуждение

В условиях северной подзоны тайги опыление у можжевельника (конец первой–середина второй декады июня) совпадает с мейозом материнских клеток макроспор в мегаспорангиях. Важную роль в процессе опыления у *Juniperus* играет опылительная капля (pollination drop), скапливающаяся на верхушке микропилярной части семязачатка в период рецептации (рис. 1, а) [3–5, 7, 9].

Механизм выделения и функциональные свойства этого секрета все еще не вполне понятны [13]. Химический состав его также изучен недостаточно полно. Известно о наличии в его составе моно- и дисахаров, аминокислот, органических кислот [6, 8, 11]. Протеомные исследования свидетельствуют о присутствии в нем большого количества разнообразных белков, большинство из которых не идентифицировано [12, 14]. Все это подтверждает многофункциональность секреторной капли [15].

При опылении рецептивных семязачатков пыльцой можжевельника (размеры его среднестатистического пыльцевого зерна составляют около 26 мкм) полная ретракция экссудационного секрета завершилась менее чем за 4 ч. При опылении пыльцой сосны (средние размеры пыльцевого зерна 49×39×68 мкм) втягивание опылительной капли внутрь семязачатка задерживалось не менее чем на 12 ч. При отсутствии опыления экссудационная деятельность микропилярной зоны семязачатков продолжалась не менее 60 ч. Размеры капли при этом увеличивались до максимальных в среднем на 40 %. Наблюдались частые случаи слияния капель двух или всех трех семязачатков в одну общую для всего макростробила крупную каплю. Через 90 ч на кончиках большинства семязачатков отмечались уже довольно мелкие капли, многие семязачатки были без капель, крупные капли сохранились лишь на единичных семязачатках. Через 120 ч у всех семязачатков происходила полная ретракция секреторной жидкости. Наши наблюдения подтверждают результаты, полученные ранее С. Мугнайни с соавт. [10]. В своих опытах по искусственному опылению секреторной капли обыкновенного можжевельника силикагелями эти авторы выявили зависимость скорости ее ретракции от диаметра частиц, а также более продолжительную экссудацию и замедленную ретракцию при отсутствии опыления.

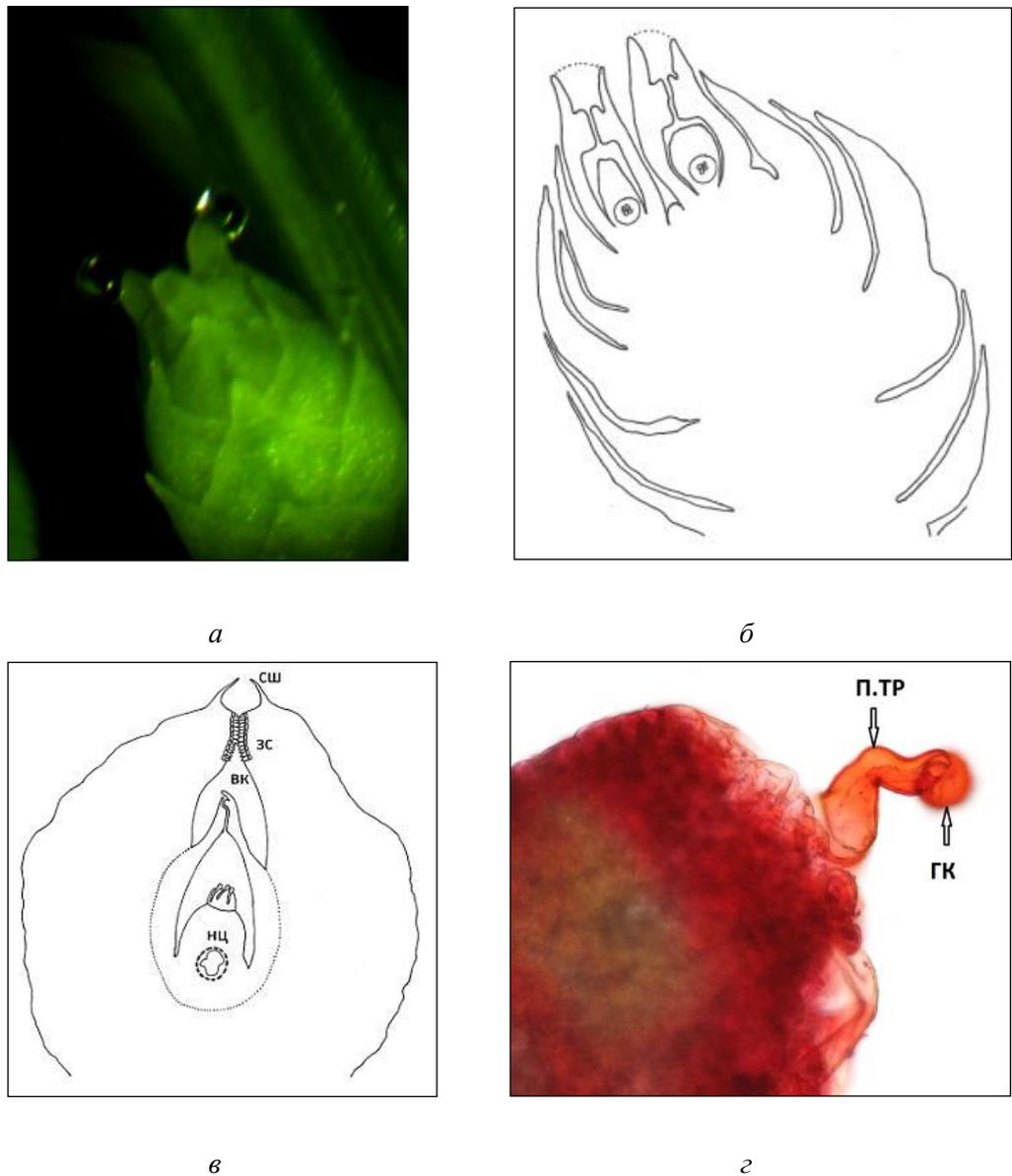


Рис. 1. Опыление у можжевельника: *а* – экссудационная капля в микропилярной части семязачатков можжевельника в период рецептации; *б* – продольный разрез женской шишки в период «цветения»; *в* – вскоре после опыления (сш – стигматы «шишкоягоды», зс – зубчатая сшивка, вк – вентиляционная камера, нц – нуцеллус; контурные изображения воспроизведены по микрофотографиям постоянных микротомных препаратов женских шишек можжевельника); *г* – пыльцевая трубка, врастающая в ткань мегаспорангия семязачатка (окрашивание 0,25 %-м водным раствором сафранина; п. тр – пыльцевая трубка, гк – гидрофильная капсула; семязачатки зафиксированы в уксусном спирте незадолго до оплодотворения)

Результаты искусственного опыления секреторной капли приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Динамика экссудации секреторной жидкости можжевельника
(в числителе – мкм, в знаменателе – % от исходного значения)**

Вариант опыта	Диаметр опылительной капли в зависимости от количества часов с момента опыления						
	0	4	16	44	60	90	120
Опыление пыльцой: можжевельника	<u>327,8</u> 100,0	<u>0</u> 0	–	–	–	–	–
сосны	<u>323,7</u> 100	<u>243,1</u> 75,1	<u>31,6</u> 9,8	<u>0</u> 0	–	–	–
Без опыления	<u>324,3</u> 100,0	<u>337,4</u> 104,0	<u>357,1</u> 110,1	<u>435,0</u> 134,1	<u>457,1</u> 140,9	<u>39,7</u> 12,2	<u>0</u> 0

Реакция секрета на внешние раздражители значительно более сложная и не исчерпывается механическим захватом и транспортировкой уловленного материала к апексу нуцеллуса семязачатка. Овулярный секрет играет важную роль в процессах «узнавания», элиминации чужеродного биологического материала, предотвращает преждевременное сбрасывание экзины пыльцевого зерна, ингибирует развитие нежелательной микрофлоры и, по-видимому, оказывает стимулирующее действие на формирование пыльцевых трубок, по крайней мере, на начальных этапах их роста. Сказанное подтверждается результатами изучения химического состава опылительной капли можжевельника (табл. 2–4).

В составе летучих фракций органических соединений опылительной капли можжевельника выявлено более 40 веществ, принадлежащих к различным классам. Соотношение этих фракций составляет, %: алканы – 33,79; монотерпены – 0,29; тритерпены – 16,97; сесквитерпеновые спирты – 1,33; сложные эфиры – 18,41; карбоновые кислоты – 1,81; амиды карбоновых кислот – 8,81. Следует отметить высокое содержание сквалена (соединения тритерпенового ряда, принадлежащего к группе каротиноидов) – 14,85 %, а также сложных эфиров, в том числе эфиров фталевой (12,07 %) и трифторуксусной (октатриаконтила трифлуороацетата, принадлежащего к флуорохромам – 8,23 %) кислот.

Таблица 2

**Летучие фракции органических соединений
опылительной капли можжевельника**

Пик	Органические соединения	% от общего количества	Пик	Органические соединения	% от общего количества
1	4-Пентен-2-ол	0,38	22	Тетракозан	3,27
2	2,5,5-Триметил-2-гексен	0,37	23	Циклононазилоксан	0,82
3	α -Пинен	0,29	24	не идентиф.	1,74
4	3-Циклогексен-1-ол	0,33	25	Пентакозан	4,07
5	Деканал	0,17	26	Бегеновая кислота	1,81
6	Этиловый эфир бензойной кислоты	0,27	27	Бис(2-этилгексил) фталат	6,16
7	Эндо-1-бурбонанол	0,55	28	Тетракозаметил- циклододеказилоксан	1,39
8	α -Кадинол	0,75	29	Гексакозан	4,07
9	α -Бисаболол	0,58	30	Гексакозил ацетат	0,75
10	Гептадекан	0,41	31	не идентиф.	0,77
11	8-Метил-гептадекан	0,39	32	не идентиф.	1,47
12	Бис(2-метилпропиловый) эфир 1,2-Бензенеди- карбоксилиновой кислоты	1,21	33	Гептакозан	4,00
13	Нонадекан	0,56	34	Метилвый эфир тетра- козановой кислоты	4,00
14	Дибутил фталат	5,91	35	Октакозан	3,12
15	Эйкозан	1,11	36	Сквален	16,97
16	Генейкозан	1,69	37	Циклононазилоксан	1,53
17	Докозан	2,95	38	Нонакозан	2,51
18	Трикозан	3,13	39	Циклононазилоксан	0,98
19	9-Октадеценамид	8,11	40	Тетратетраконтан	1,18
20	(Амид олеиновой кислоты)		41	Гексатриаконтан	1,33
21	Октадеканамид	0,69	42	Октатриаконтил трифлуороацетат	8,23

Таблица 3

**Состав и относительное содержание сахаров в пыльце
и овулярном секрете можжевельника обыкновенного
(числитель – мг/л, знаменатель – % от общего количества)**

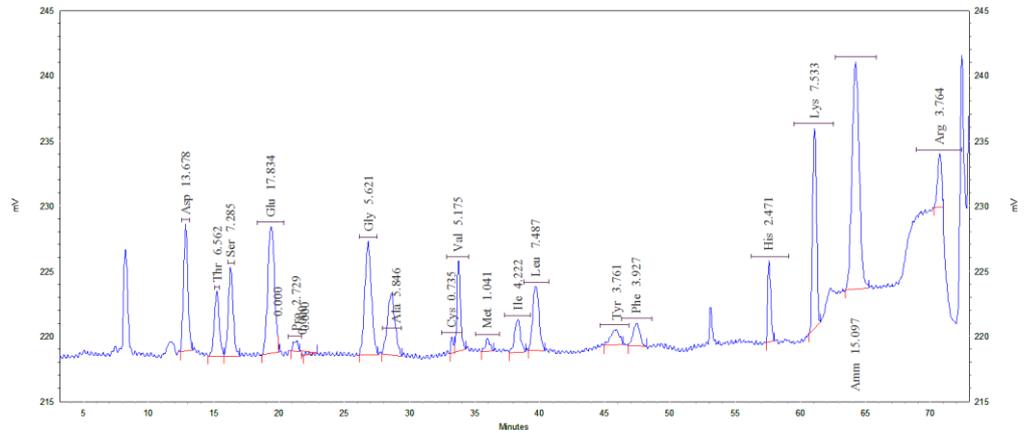
Проба	Содержание сахаров					
	Целлобиоза	Манноза	Арабиноза	Галактоза	Ксилоза	Глюкоза
Пыльца	–	–	<u>206,888</u> 20,8	<u>562,498</u> 56,6	<u>13,651</u> 1,4	<u>210,748</u> 21,2
Секреторная капля	–	–	–	<u>4,860</u> 34,2	–	<u>9,366</u> 65,8

Таблица 4

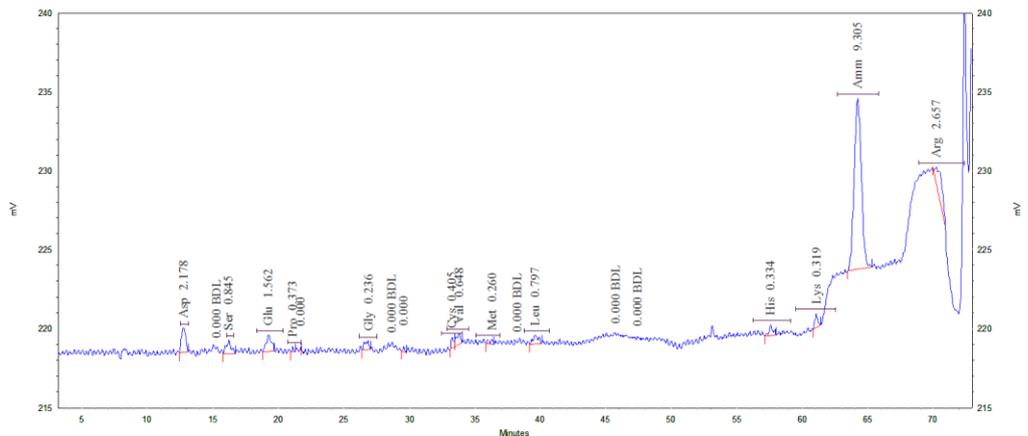
**Состав и относительное содержание аминокислот в пыльце
и овулярном секрете можжевельника обыкновенного**

Аминокислота	Содержание аминокислоты, % от общего количества	
	Пыльца	Секреторная капля
<i>L</i> -Аланин	5,9	0,0
<i>L</i> -Аргинин	3,8	0,0
<i>L</i> -Аспарагиновая кислота	13,7	29,7
<i>L</i> -Цистин	0,7	5,5
<i>L</i> -Глутаминовая кислота	17,9	21,3
Глицин	5,7	3,2
<i>L</i> -Гистидин	2,5	4,6
<i>L</i> -Изолейцин	4,2	0,0
<i>L</i> -Лейцин	7,5	10,9
<i>L</i> -Лизин	7,6	4,4
<i>L</i> -Метионин	1,0	0,0
<i>L</i> -Фенилаланин	3,9	0,0
<i>L</i> -Пролин	2,7	0,0
<i>L</i> -Серин	7,3	11,6
<i>L</i> -Треонин	6,6	0,0
<i>L</i> -Тирозин	3,8	0,0
<i>L</i> -Валин	5,2	8,8

Состав сахаров опылительной капли беднее по сравнению с пыльцой. Следует отметить относительно более высокое содержание глюкозы в опылительной капле по сравнению с пыльцой, где преобладает галактоза. Аминокислотный состав секрета также беднее по сравнению с пыльцой (рис. 2). Как и в пыльце, в составе секрета преобладают аспарагиновая и глутаминовая кислоты, однако общее содержание аминокислот, как и сахаров, в секреторной капле на порядок ниже по сравнению с пыльцой.



a



b

Рис. 2. Хроматограммы пыльцы (а) и опылительной капли (б) можжевельника (аминокислоты)

Микропиларный канал у можжевельника играет роль капилляра для подъема секреторной жидкости к верхнему кончику микропиларного входа семязачатка в начале рецептации. Секреторная жидкость играет важную роль в транслокации пыльцевых зерен к нуцеллусу после окончания рецептации. Пыльца улавливается секреторной каплей, прилипая к ее поверхности.

Вместе с пыльцевыми зернами можжевельника секреторной каплей улавливается значительное количество чужеродной пыльцы и спор, флуктуирующих в это время в воздухе. После ретракции эксудационного секрета весь чужеродный аэропланктон, проникший через микропиллярный канал внутрь семязачатка, локализуется на боковой поверхности нуцеллуса, ниже зоны формирования пыльцевой подушки.

Ретракция секреторной жидкости обеспечивает транслокацию пыльцевых зерен от микропиллярного кончика интегумента к верхушке нуцеллуса, где пыльцевые зерна сбрасывают экзину и прорастают (см. рис. 1, *з*). Вскоре после опыления пыльцевход «шишкоягоды» смыкается за счет зубчатой «сшивки» клеток эпидермиса внутренних поверхностей смежных мегаспорофиллов, формируя заметный трехлучевой рубчик на верхушке «шишкоягод», который сохраняется и после их созревания. Вслед за этим замыкается и микропиллярный канал семязачатка вследствие поперечного вытягивания клеток поверхностных слоев интегумента, смыкающих микропиле. Стигматы «шишкоягоды» засыхают, их кончики обламываются и опадают. Рубцы их также сохраняются и после созревания «шишкоягоды». Сразу же после опыления начинается интенсивное разрастание паренхимы «шишкоягоды», совпадающее по времени с началом формирования нуклеарного гаметофита (см. рис. 1, *в*).

Морфогенез неопыленных семязачатков и макростробилов протекает без существенных нарушений до начала формирования клеточного гаметофита: формируется ядерный гаметофит, происходит дифференциация спермодермы на сарко-, склеро- и эндотесту, образуется «пыльцевая подушка», развиваются структуры «шишкоягоды»: схизогенная паренхима, смоляные ходы, зубчатая сшивка пыльцевхода (рис. 3, *а–в*).

Вскоре после начала формирования клеточного гаметофита в неопыленных семязачатках происходит постепенное затухание митозов, появляются признаки дегенерации тканей в халазальной части семязачатков и в зоне архегониальных комплексов (рис. 3, *з, д*). При этом сохранность неопыленных макростробилов остается высокой. К началу позднего эмбриогенеза в опыленных семязачатках практически все неопыленные женские шишки погибли. В сохранившихся единичных неопыленных шишках наблюдались только дегенерировавшие семязачатки. В этих «шишкоягодах» также наблюдалось начало дегенерации покровных тканей и паренхимы (рис. 3, *е*).

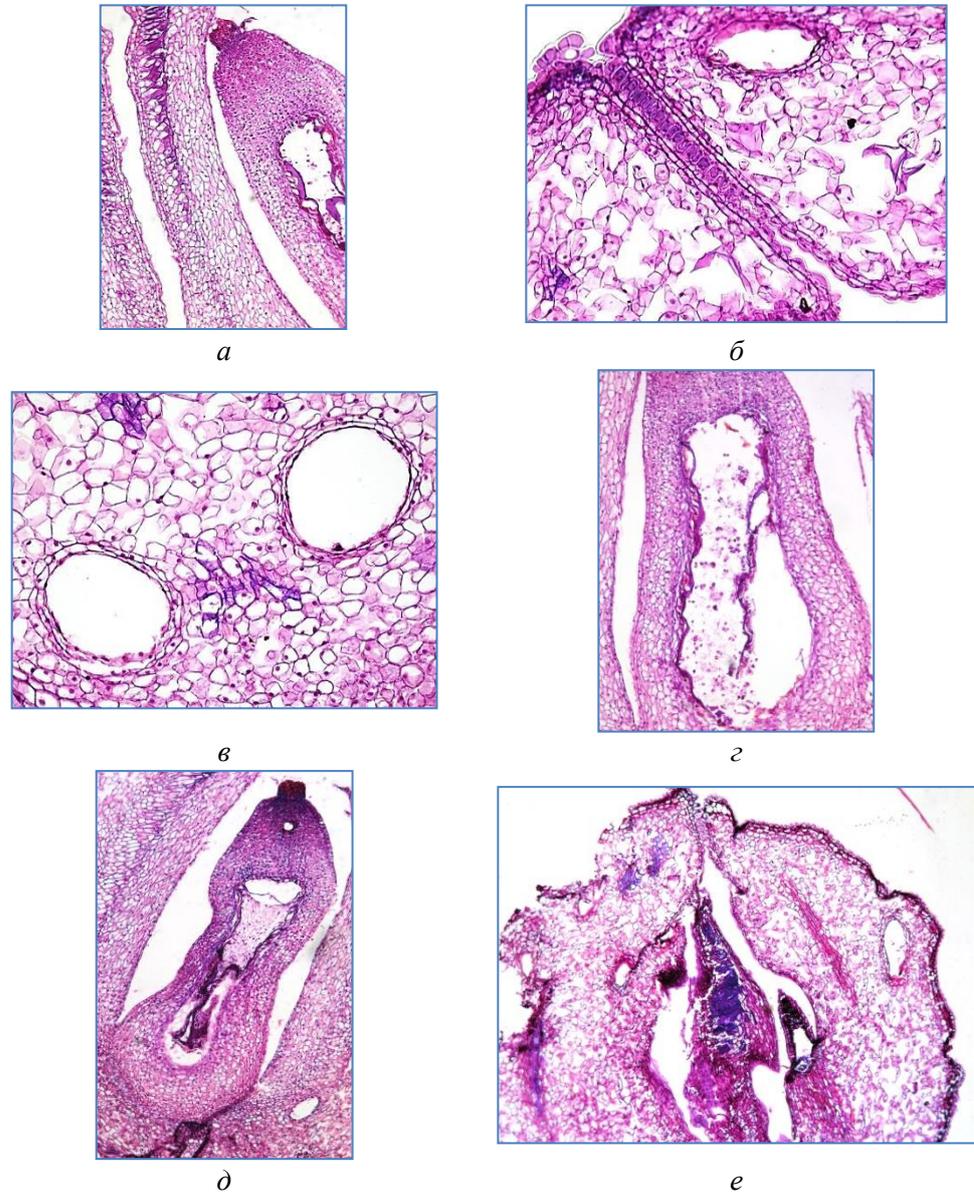


Рис. 3. Гистогенез структур неопыленных тычиночек и «шишкоягод» можжевельника: *a–в* – нормально развивающиеся структуры тычиночек и «шишкоягод» (*a* – нуцеллус тычиночки с «пыльцевой подушкой»; *б* – зубчатая сшивка апикальной части «шишкоягоды», паренхима «шишкоягоды» приобретает характерную ячеистую структуру; *в* – функциональные смоляные ходы в паренхиме «шишкоягоды»; *г* – затухающие деления клеточного гаметофита; *д* – начало дегенерации клеток в центральной части клеточного гаметофита; *е* – дегенерация структур тычиночек и начало дегенерации тканей «шишкоягоды» (*a–д* – 08-09.07.2014; *е* – 18.08.2014)

Заключение

Результаты исследований подтверждают сложный химический состав и мультифункциональность опылительной капли можжевельника. В составе летучих фракций органических соединений опылительной капли выявлено более 40 веществ, принадлежащих к различным классам. В составе сахаров отмечено относительно высокое содержание глюкозы и галактозы. В аминокислотном составе секрета преобладают аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

Внешние агенты (пыльца другого вида) влияют на динамику экссудации и ретракции овулярного секрета можжевельника. При опылении рецептивных семязачатков пыльцой можжевельника полная ретракция экссудационного секрета завершается менее чем за 4 ч. При опылении чужеродной пыльцой втягивание опылительной капли внутрь семязачатка задерживается не менее чем на 12 ч. При отсутствии опыления полная ретракция секреторной жидкости происходит лишь через 120 ч с начала рецептации. Механизм опыления у можжевельника является эффективным и избирательным. После окончания рецептации на апексе нуцеллуса идентифицированы пыльцевые зерна только своего вида.

Отсутствие опыления приводит к деструктивному типу развития тканей семязачатков и «шишкоягод». Морфогенез неопыленных семязачатков и макростробилов протекает без существенных нарушений до начала формирования клеточного гаметофита. Первые признаки дегенерации тканей появляются вскоре после начала формирования клеточного гаметофита и заканчиваются гибелью практически всех неопыленных женских шишек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джерсен У. Ботаническая гистохимия: пер. с англ. М.: Мир, 1965. 380 с.
2. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1970. 255 с.
3. Ругузова А.И. Морфо-физиологические особенности формирования пыльцевых зерен и опыления у некоторых видов сем. *Cupressaceae* // Ботан. журн. 2004. Т. 87, № 7. С. 1111–1121.
4. Ругузов И.А., Захаренко Г.С., Склонная Л.У. Закономерности опыления растений порядка *Coniferales* // Цитолого-эмбриол. и генетико-биохим. основы опыления и оплодотворения растений. К.: Наук. думка, 1982. С. 257–259.
5. Ругузов И.А., Склонная Л.У., Чеботарь А.А. Об опылительной капле у хвойных // Ботан. журн. 1992. Т. 77, № 12. С. 40–52.
6. Coulter A., Poullis A.D., von Aderkas P. Pollination drop as dynamic apoplastic secretions // *Flora*. 2012. Vol. 207. P. 482–490.
7. Doyle J. Developmental lines in pollination mechanisms in the *Coniferales* // *Sci. Proc.* 1945. Vol. 24, N 5. P. 43–62.
8. Dumas C., Bowman R.B., Gaude T., Guilly C.M., Heizmann Ph., Roedel P., Rougier M. Stigma and stigmatic secretion reexamined // *Phyton*. 1988. Vol. 28, N 2. P. 193–200.
9. Gelbart G., von Aderkas P. Ovular secretions as part of pollination mechanisms in conifers // *Annals of Forest Science*. 2002. Vol. 59. P. 345–357.
10. Mugnaini S., Massimo N., Massimo G., Beti P., Ettore P. Pollination drop withdrawal in *Juniperus communis*: response to biotic and abiotic particles // *Caryologia*. 2007. Vol. 60, N 1-2. P. 182–184.

11. Nepi M., von Aderkas P., Wagner R., Mugnaini S., Coulter A., Pacini E. Nectar and pollination drops: how different are they? // *Annals of Botany*. 2009. Vol. 104. P. 205–219.
12. O'Leary S.J.B. Proteins in the ovules secretions of Conifers. Diss. ... D. Ph. (dep. of biology). St. Francis Xavier Univ., 1998. 190 p.
13. Owens J.N., Takaso T., Runions C.J. Pollination in conifers // *Trends Plant Sci*. 1998. Vol. 3. P. 479–485.
14. Poullis B.A.D., O'Leary J.B., Haddow J.D., von Aderkas P. Identification of proteins present in the Douglas fir ovular secretion: An insight into conifer pollen selection and development // *Intern. J. Plant Sci*. 2005. Vol. 166. P. 733–739.
15. Wagner R.E., Mugnaini S., Sniezko R., Hardie D., Poullis B., Nepi M., Pacini E., von Aderkas P. Proteomic evaluation of gymnosperm pollination drop proteins indicates highly conserved and complex biological functions // *Sex Plant Reprod*. 2007. Vol. 20. P. 181–189.

Поступила 25.03.15

UDC 582.477.6:581.162.3

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.40

Pollination in Common Juniper (*Juniperus communis* L.): Involving of Pollen and the Male Gametophyte Influence on the Ovules and “Cypress Cones” Development

M.V. Surso, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

N.V. Selivanova, Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher

Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; e-mail: surso@iepn.ru

By the light microscopy we studied the development of the pollinated and unpollinated ovules of juniper since the receptation period prior to the “cypress cones” formation. The morphogenesis of unpollinated ovules and macrostrobiles proceeded without the essential violations prior to the beginning of the cellular gametophyte formation. Soon after the beginning of its formation there was a gradual attenuation of mitoses in the unpollinated ovules, the signs of tissue degeneration in the chalazae and archegonial complexes zones. At the same time the safety of unpollinated macrostrobiles remained high. To the beginning of a late embryogenesis almost all unpollinated female cones in the pollinated ovules were lost. The remaining single unpollinated cones showed the signs of degeneration of external protective tissue and parenchyma of the “cypress cones”. The dynamics of exudation and retraction of a pollination drop was studied in vitro in order to learn the influence of the external agents on their dynamics in juniper. 3 variants of pollination were tested: by vital pollen of juniper (a collection of the previous year); by freshly pollen of Scotch pine; without pollination. At pollination by foreign pollen the retraction delayed for at least 12 hours. In the absence of pollination the exudation activity of a micropylar zone of the ovules lasted at least 60 hours. Full retraction of the secretory fluids at the same time took place after 120 hours. The qualitative composition of volatile fractions of organic compounds of a juniper pollination drop was studied by the gas chromatograph/mass spectrometer QP-2010 Ultra (“Shimadzu”, Japan). The amino acid composition of the juniper exudation secretion and pollen was defined by the aminoacid analyzer BioChrom 30+ (“Biochrom”, Great Britain). Sugar composition of the juniper pollination drop and pollen was studied by a HPLC system Nexera XR (“Shimadzu”, Japan). More than 40 volatile substances belonging to the various classes of

organic compounds were identified. Their ratio is the next: alkanes – 33.79 %, monoterpenes – 0.29 %, triterpenes – 16.97 %, sesquiterpene alcohols – 1.33 %, esters – 18.41 %, carboxylic acids – 1.81 %, carboxylic acids – 8.81 %. The results of the research confirm a complex chemical composition and multifunctional performance of a pollination drop. The pollination mechanism in juniper is effective and selective. The lack of pollination leads to a destructive type of the ovules and “cypress cones” tissue development.

Keywords: common juniper, pollination, pollination drop, ovule.

REFERENCES

1. Jensen W.A. *Botanical Histochemistry. Principles and Practices*. USA, San Francisco, 1962. 408 p.
2. Pausheva Z.P. *Praktikum po tsitologii rasteniy* [Handbook on Plants Cytology]. Moscow, 1970. 255 p.
3. Ruguzova A.I. Morfo-fiziologicheskie osobennosti formirovaniya pyl'tsevykh zeren i opyleniya u nekotorykh vidov sem. *Cupressaceae* [Morphological and Physiological Characteristics of the Pollen Grains Formation and Pollination in Some Species of the *Cupressaceae* Family]. *Botanicheskiy zhurnal*, 2004, vol. 87, no. 7, pp. 1111–1121.
4. Ruguzov I.A., Zakharenko G.S., Sklonnaya L.U. Zakonomernosti opyleniya rasteniy poryadka *Coniferales* [Laws of Plant Pollination of the *Coniferales*]. *Tsitologiya i genetiko-biokhim. osnovy opyleniya i oplodotvoreniya rasteniy* [Cytological and Embriological and Genetic and Biochemical Basics of Pollination and Fertilization of Plants]. Kiev, 1982, pp. 257–259.
5. Ruguzov I.A., Sklonnaya L.U., Chebotar' A.A. Ob opylitel'noy kaple u khvoynykh [On the Pollination Drop in Conifers]. *Botanicheskiy zhurnal*, 1992, vol. 77, no. 12, pp. 40–52.
6. Coulter A., Poulis A.D., von Aderkas P. Pollination Drop as Dynamic Apoplastic Secretions. *Flora*, 2012, vol. 207, pp. 482–490.
7. Doyle J. Developmental Lines in Pollination Mechanisms in the *Coniferales*. *Sci. Proc.*, 1945, vol. 24, no. 5, pp. 43–62.
8. Dumas C., Bowman R.B., Gaude T., Guilly C.M., Heizmann Ph., Roeckel P., Rougier M. Stigma and Stigmatic Secretion Reexamined. *Phyton*, 1988, vol. 28, no. 2, pp. 193–200.
9. Gelbart G., von Aderkas P. Ovular Secretions as Part of Pollination Mechanisms in Conifers. *Annals of Forest Science*, 2002, vol. 59, pp. 345–357.
10. Mugnaini S., Massimo N., Massimo G., Beti P., Ettore P. Pollination Drop Withdrawal in *Juniperus communis*: Response to Biotic and Abiotic Particles. *Caryologia*, 2007, vol. 60, no. 1–2, pp. 182–184.
11. Nepi M., von Aderkas P., Wagner R., Mugnaini S., Coulter A., Pacini E. Nectar and Pollination Drops: How Different are They? *Annals of Botany*, 2009, vol. 104, pp. 205–219.
12. O'Leary S.J.B. *Proteins in the Ovules Secretions of Conifers*: Ph. D. Diss. Canada, Antigonish, Nova Scotia, 1998. 190 p.
13. Owens J.N., Takaso T., Runions C.J. Pollination in Conifers. *Trends Plant Sci.*, 1998, vol. 3, pp. 479–485.
14. Poulis B.A.D., O'Leary J.B., Haddow J.D., von Aderkas P. Identification of Proteins Present in the Douglas Fir Ovular Secretion: an Insight into Conifer Pollen Selection and Development. *Intern. J. Plant Sci.*, 2005, vol. 166, pp. 733–739.
15. Wagner R.E., Mugnaini S., Sniezko R., Hardie D., Poulis B., Nepi M., Pacini E., von Aderkas P. Proteomic Evaluation of Gymnosperm Pollination Drop Proteins Indicates Highly Conserved and Complex Biological Functions. *Sex Plant Reprod.*, 2007, vol. 20, pp. 181–189.

Received on March 25, 2015

УДК 630*232

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.54

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДЕНДРОФЛОРЫ Г. БЕЛОЗЕРСКА

М.М. Андропова, канд. техн. наук

Вологодский институт права и экономики Федеральной службы исполнения наказаний, ул. Щегина, д. 2, г. Вологда, Россия, 160002; e-mail: kafedra214@mail.ru

Вопросы озеленения малых городов в научной литературе освещаются крайне редко. Малые города Европейского Севера имеют те же социально-экономические проблемы, что и крупные. Выходя за пределы исторически сложившихся границ, города занимают новые территории, изменяют окружающий ландшафт и привносят в него негативные черты урбанизации. Кроме того, созданные в прошлом посадки требуют реконструкции, становясь опасными для жизни и здоровья людей и функционирования объектов городского хозяйства. Для улучшения социального и эстетического воздействия зеленых насаждений на жизнь города в зеленое строительство вводят виды-интродуценты. Целью исследований является оценка видового состава и санитарно-гигиенического состояния зеленых насаждений зон отдыха г. Белозерска Вологодской области. В основу исследований положен метод сплошной инвентаризации. Установлено, что дендрофлора объектов исследований представлена видами 11 семейств. Наибольшую представленность имеет семейство Розоцветные, объединяющее 6 видов, из которых 1 аборигенный, 4 интродуцированных и 1 экстразональный. Сосновые представлены 2 видами аборигенных пород и 1 интродуцированным. Семейство Ивовые представлено тополем бальзамическим и ивой ломкой. Учитывая рекомендации В.Н. Нилова для озеленения населенных мест Севера, включающих виды 20 семейств, разнообразие дендрофлоры г. Белозерска оценивается как весьма бедное. В ходе инвентаризации объектов выявлено всего 14 видов деревьев и 5 видов кустарников, из которых интродуцированных соответственно 3 и 5. При разработке перспективных планов озеленения малых северных городов и реставрации парковых насаждений следует шире практиковать введение новых пород из других флористических областей, что будет способствовать формированию баланса потребностей городского населения и возможностей зеленых насаждений.

Ключевые слова: дендрофлора, озеленение, малый город, интродуценты, экстразональные виды, семейство, кустарники.

Введение

Вопрос градостроительной комфортности малых северных городов постепенно приобретает проблемный характер. Численность населения и его демографическая характеристика изменяются. Города постепенно развиваются и выходят за пределы исторически сложившихся границ. Окружающий их природный ландшафт под влиянием высоких рекреационных нагрузок и бессистемных

неконтролируемых рубок в городских лесах теряет свою эстетическую привлекательность и тем самым нарушается баланс гармонии с природой [9, 11, 12].

Созданные в прошлом в черте городов посадки деревьев со временем становятся источником опасности как для людей, так и для коммуникаций (линии электропередач, дороги и т.п.).

Одним из путей улучшения социального эффекта зеленых насаждений, как духовной составляющей жизни городского населения, является обогащение биоразнообразия городской дендрофлоры.

Богатство видов растительной флоры в городах часто выше из-за импорта редких видов [10]. Целенаправленное использование в озеленении интродуцентов и экстразональных видов, успешно прошедших натурализацию в условиях малых северных городов, расширяет декоративные особенности и существенно обогащает эстетические и санитарно-гигиенические свойства зеленых насаждений. С этих позиций затронутый в данной статье вопрос актуален.

Следует отметить, что в средних и крупных городах России подобные исследования проводятся активнее [3, 6–8 и др.].

Белозерск – административный центр Белозерского муниципального района Вологодской области, порт на Волго-Балтийском канале, один из древнейших городов России. Впервые упомянут в «Повести временных лет» (862 г.) как Белоозеро. Расположен (60°02' с.ш. 37°47' в.д.) на южном берегу Белого озера, в 214 км к северо-западу от Вологды.

На 2014 г. численность населения составила 9 380 чел.

Источниками дестабилизации окружающей среды являются 20 промышленных предприятий.

Средняя многолетняя температура самого холодного месяца (январь) составляет –11,1 °С, теплого (июль) – 17,2 °С. Минимальная температура воздуха понижается до –46 °С и наносит определенный вред экстразональным и интродуцированным древесным растениям.

Объектами наших исследований являются зеленые насаждения парков культуры и отдыха и детского, а также скверов у автовокзала, имени Героя СССР И.П. Малоземова и имени Сергея Орлова.

Инвентаризация городских зеленых насаждений выполнена с учетом основных положений официальных документов [2, 4].

В соответствии с целью исследований и принятым методическим подходом ее реализации нами адаптированы к объектам изучения основополагающие рекомендации методического характера [1, 5].

Сплошные учеты деревьев и кустарников проведены в двух парках и трех скверах на общей площади 2,82 га.

Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что дендрофлора города представлена видами 11 семейств (табл. 1).

Таблица 1

Распределение видов дендрофлоры по семействам

Семейство	Порода	Жизненная форма
Березовые (<i>Betulaceae</i>)	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	Д
Ильмовые (<i>Ulmaceae</i>)	Вяз гладкий <i>Ulmus laevis</i> Pall.	Д*
Липовые (<i>Tiliceae</i>)	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	Д*
Кленовые (<i>Aceraceae</i>)	Клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	Д*
Буковые (<i>Fagaceae</i>)	Дуб черешчатый <i>Quercus rubur</i> L.	Д*
Ивовые (<i>Salicaceae</i>)	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	Д
	Ива ломкая <i>Salix fragilis</i> L.	Д
Розоцветные (<i>Rosaceae</i>)	Яблоня лесная <i>Malus silvestris</i> Mill.	Д*
	Яблоня садовая <i>Malus domestica</i> Borkh.	Д
	Черемуха обыкновенная <i>Padus racemosa</i> Gilib.	Д
	Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Д
	Роза морщинистая <i>Rosa rugosa</i> Thunb.	К
	Спирея (таволга) иволистная <i>Spiraea salicifolia</i> L.	К
Сосновые (<i>Pinaceae</i>)	Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	Д
	Ель обыкновенная <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	Д
	Ель колючая <i>Picea pungens</i> Engelm.	Д
Бобовые (<i>Fabaceae</i>)	Карагана древовидная <i>Caragana arborescens</i> Lam.	К
Маслинные (<i>Oleaceae</i>)	Сирень обыкновенная <i>Syringa vulgaris</i> L.	К
Жимолостные (<i>Caprifoliaceae</i>)	Бузина красная <i>Sambucus racemosa</i> L.	К

Примечание. Полужирным шрифтом выделены виды – интродуценты; звездочкой – экстразональные виды; Д – дерево, К – куст.

Наиболее многочисленное семейство Розоцветные объединяет 6 видов: аборигенные – черемуха обыкновенная, рябина обыкновенная, интродуцированные – яблоня садовая, роза морщинистая, спирея иволистная; экстразональный вид – яблоня лесная.

Сосновые представлены аборигенными видами – сосной обыкновенной и елью обыкновенной; интродуцированным видом – елью колючей.

Семейство Ивовые объединяет 2 вида: тополь бальзамический и ива ломкая.

Если учесть, что ассортимент перспективных и успешно прошедших натурализацию древесных растений, рекомендованных В.Н. Ниловым [7] для озеленения поселков и городов Севера, включает около 20 семейств, то разнообразие зеленых насаждений г. Белозерска можно оценить как весьма бедное.

Подтверждением вышесказанному является то, что в ходе инвентаризационных исследований учтено всего 14 видов деревьев и 5 видов кустарников. Из них интродуцированных соответственно 3 и 5 видов.

По-видимому, такую флористическую структуру (бедность) дендрофлоры г. Белозерска, а возможно и большинства малых северных городов, следует считать их особенностью. Причиной такого положения, по нашему мнению, является отсутствие в регионе декоративного питомника.

Дуб черешчатый, вяз гладкий, липа мелколистная, клен остролистный, яблоня лесная, произрастающие в зеленых насаждениях города, достаточно полно отражают представленность экстраординарных видов в местной дендрофлоре.

Таблица 2

Представленность (шт.) видов дендрофлоры в скверах и парках

Видовое название	Сквер			Парк	
	имени Сергея Орлова	у авто-вокзала	имени И.П. Малоземова	детский	культуры и отдыха
<i>Деревья</i>					
Береза повислая	24	34	42	203	85
Ель колючая	6	–	7	–	7
Ель европейская	10	–	–	–	10
Яблоня лесная	1	–	1	3	–
Тополь бальзамический	–	30	13	–	7
Вяз гладкий	–	3	10	–	27
Липа мелколистная	–	3	–	27	29
Сосна обыкновенная	–	–	2	–	3
Черемуха обыкновенная	–	–	10	–	1
Рябина обыкновенная	–	–	–	1	–
Дуб черешчатый	–	–	–	–	5
Клен остролистный	–	–	–	–	2
Яблоня садовая	–	–	–	–	1
Ива ломкая	–	–	–	3	4
<i>Итого</i>	41	70	85	237	181
<i>Кустарники</i>					
Карагана древовидная	–	–	17	–	–
Спирея	–	–	–	1	2
Бузина красная	–	–	–	2	–
Сирень обыкновенная	–	–	–	–	2
Роза морщинистая	–	–	–	–	1
<i>Итого</i>	–	–	17	3	5

Как видно из табл. 2, в насаждениях города преобладают виды местной дендрофлоры: ель европейская, сосна обыкновенная, ива, вяз гладкий, липа мелколистная, дуб черешчатый, клен остролистный, рябина обыкновенная и черемуха обыкновенная. Наиболее представлена береза повислая. Она встречается на всех изученных нами объектах. В скверах ее участие составляет 49...59 %, в детском парке – 86 %.

Представители местной флоры наиболее устойчивы в условиях Севера. Они относятся к основному ассортименту и должны составлять не менее 60 % в общем составе зеленых насаждений.

Как в видовой представленности, так и в количественном выражении интродуцированные виды деревьев принимают весьма скромное участие в формировании состава городских зеленых насаждений. В процессе инвентаризации учтено всего 3 интродуцированных вида: ель колючая и тополь бальзамический (в двух скверах и в парке культуры и отдыха). Всего один экземпляр яблони садовой произрастает в парке культуры и отдыха.

Все виды кустарниковой флоры, являющиеся интродуцентами, представлены единичными экземплярами бузины красной, сирени обыкновенной, розы морщинистой и спиреи (таволги) иволистной, за исключением караганы древовидной, или желтой акации. В парке имени И.П. Малоземова успешно произрастают 17 кустов этой представительницы Западной Сибири.

Таким образом, особенностью дендрофлоры интродуцентов г. Белозерска является бедность биоразнообразия. При разработке перспективных планов озеленения малых северных городов и реставрации парковых насаждений следует шире практиковать введение новых пород из других флористических областей, успешно прошедших натурализацию в условиях урбанизированных территорий Европейского Севера и обладающих повышенным градоформирующим комфортом, что будет способствовать формированию баланса потребностей городского населения и возможностей зеленых насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроздов И.И., Янгутов А.И. Методические рекомендации по изучению лесных культур интродуцированных пород. М.: ВАСХНИЛ, 1984. 41 с.
2. Жеребцова Г.П., Пронин М.И., Якубов Х.Г. Правила проведения инвентаризации зеленых насаждений и паспортизация озелененных территорий. М.: Прима-Пресс, 1998. 40 с.
3. Золотарева Е.В., Самошкин Е.Н. Видовой состав и состояние древесных интродуцентов в насаждениях г. Орла // Лесн. журн. 2012. № 3. С. 33–36. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Инструкция по проведению инвентаризации и паспортизации городских озелененных территорий. М.: Прима, 2002. 22 с.
5. Методика проведения единовременной инвентаризации интродуцированных лесных пород. М.: ЦНИИЛГиС, 1986. 24 с.
6. Мингалева Н.А., Пестов С.В., Загирова С.В. Жизненное состояние и биоповреждения листьев интродуцированных деревьев и кустарников в зеленых насаждениях города Сыктывкара // Лесн. журн. 2012. № 4. С. 25–32. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Нилов В.Н. Рекомендации по ассортименту древесных растений для озеленения городов и поселков Севера. Архангельск: , 1981. 19 с.
8. Сродных Т.Б. Состояние озеленения в городах севера Западной Сибири // Лесн. журн. 2005. № 3. С. 26–33. (Изв. высш. учеб. заведений).

9. Godron M. and Forman R.T.T. Landscape modification and changing ecological characteristics // Disturbance and ecosystems, components and responses / H.A. Mooney and M. Godron, eds. Springer-Verlag, New York.1983. P. 12–28.

10. Faeth, S.H., Bang, C. and Saari S. Urban biodiversity: patterns and mechanisms // Annals of the New York Academy of Sciences. 2011. N 1223. P. 69–81.

11. Zipperer W.C., Burgess R.L. and Nyland R.D. Patterns of deforestation and reforestation in different landscape types in central New York // Forest Ecol. Manage. 1990. N 36. P.103–117.

12. Zipperer W.C., Susinni S.M. and Pouyat R.V. Urban tree cover: an ecological perspective // Urban Ecosystems. N 1. P. 229–246.

Поступила 09.02.15

UDC 630*232

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.54

Taxonomic Composition and Systematic Dendroflora Structure in Belozersk

M.M. Andronova, Candidate of Engineering Sciences

Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penal Service, Shchetinin str., 2, Vologda, 160002, Russian Federation; e-mail: kafedra214@mail.ru

The landscaping problems in towns are reported extremely rare in the scientific literature. The towns and cities of the European North have the same social and economic problems. Going beyond the historically developed borders, the towns occupy new territories, change a surrounding landscape and introduce the negative features of urbanization in it. In addition, the plantings created in the past, often need to be reconstructed, as they become dangerous to life and human health and functioning of municipal facilities. For the improvement of social and aesthetic impacts of green plantings on the city life the exotic species are introduced into the green construction. The aim of the research is the assessment of the species composition and sanitary and hygienic state of green plantations in the recreation areas of the town of Belozersk in Vologda region. The basis of the research is the total inventory method. Dendroflora of the objects of research is represented by the species of 11 families. The largest representation demonstrates the *Rosaceae* family, which unites 6 species: 1 aboriginal, 4 introduced and 1 extrazonal. The *Pinaceae* family is presented by 2 native and 1 introduced species. The *Salicaceae* family is represented by balsam poplar and snap willow. According to the recommendations of V.N. Nilov for landscaping of the populated areas of the North including species of 20 families, a dendroflora variety of Belozersk is estimated as very poor. The inventory revealed only 14 species of trees and 5 species of shrubs; 3 and 5 species respectively had been introduced. In the development of promising landscaping plans for the northern towns and parklands restoration we should introduce new breeds from other floristic regions more widely that will contribute to a balance of the needs of urban population and opportunities of green plantings.

Keywords: dendroflora, landscaping, town, introducers, extrazonal species, family, shrub.

REFERENCES

1. Drozdov I.I., Yangutov A.I. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu lesnykh kul'tur introdutsirovannykh porod* [Guidelines for the Study of the Forest Plantations of Introduced Species]. Moscow, 1984. 41 p.
2. Zherebtsova G.P., Pronin M.I., Yakubov Kh.G. *Pravila provedeniya inventarizatsii zelenykh nasazhdeniy i pasportizatsiya ozelenennykh territoriy* [Rules of the Amenity Stands Inventory and Certification of Green Areas]. Moscow, 1998. 40 p.
3. Zolotareva E.V., Samoshkin E.N. Vidovoy sostav i sostoyanie drevesnykh introdutsentov v nasazhdeniyakh g. Orla [Species Composition and the State of Arboreal Alien Crops in the Orel City Stands]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no 3, pp. 33–36.
4. *Instruktsiya po provedeniyu inventarizatsii i pasportizatsii gorodskikh ozelenennykh territoriy* [Instructions for Inventory and Certification of Urban Green Areas]. Moscow, 2002. 22 p.
5. *Metodika provedeniya edinovremennoy inventarizatsii introdutsirovannykh lesnykh porod* [Methodology of the One-Time Inventory of the Introduced Forest Species]. Moscow, 1986. 24 p.
6. Mingaleva N.A., Pestov S.V., Zagirova S.V. Zhiznennoe sostoyanie i biopovrezhdeniya list'ev introdutsirovannykh derev'ev i kustarnikov v zelenykh nasazhdeniyakh goroda Syktyvkara [Life Status and Foliage Biological Impairment of Alien Trees and Brushwoods in the Green Zones of the City of Syktyvkar]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no 4, pp. 25–32.
7. Nilov V.N. *Rekomendatsii po assortimentu drevesnykh rasteniy dlya ozeleneniya gorodov i poselkov Severa* [Guidelines for the Range of Woody Plants for Landscaping of the Cities and Settlements of the North]. Arkhangelsk, 1981. 19 p.
8. Srodnykh T.B. Sostoyanie ozeleneniya v gorodakh severa Zapadnoy Sibiri [Status of Gardening in the Cities in the North of Western Siberia]. *Lesnoy zhurnal*, 2005, no 3, pp. 26–33.
9. Godron M., Forman R.T.T. Landscape Modification and Changing Ecological Characteristics. *Disturbance and Ecosystems, Components and Responses*. Ed. by H.A. Mooney, M. Godron. New York, 1983, pp. 12–28.
10. Faeth S.H., Bang C., Saari S. Urban Biodiversity: Patterns and Mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2011, no. 1223, pp. 69–81. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05925.
11. Zipperer W.C., Burgess R.L., Nyland R.D. Patterns of Deforestation and Reforestation in Different Landscape Types in Central New York. *Forest Ecol. Manage.*, 1990, no. 36, pp. 103–117.
12. Zipperer W.C., Susinni S.M., Pouyat R.V. Urban Tree Cover: an Ecological Perspective. *Urban Ecosystems*, 1997, no. 1, pp. 229–246.

Received on February 09, 2015

УДК 630*161.4: 630*174.754
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.61

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГОДИЧНОГО КОЛЬЦА *PINUS SYLVESTRIS* L. В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ*

И.Т. Кищенко, д-р биол. наук, проф.

Петрозаводский государственный университет, просп. Ленина, д. 33, г. Петрозаводск, Республика Карелия, 185910; e-mail: ivanki@karelia.ru

Изучали особенности анатомического строения ствола сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Южной Карелии (средняя подзона тайги). Объектами исследований служили древостои пяти типов лесных сообществ. Высечки древесины ствола отбирали на высоте 1,3 м. Из высечек готовили препараты, на которых в трех местах измеряли ширину годичного кольца, ширину зоны поздней древесины, а также число трахеидных рядов (по радиусу). Исследования показали, что с улучшением экологических условий местопроизрастания интенсивность биопродукционных процессов в сосновых древостоях усиливается. Ширина годичного кольца и число трахеидных рядов у деревьев в сосняке черничном больше, чем в сосняке багульниково-сфагновом соответственно на 22 и 20 %. Макроструктура ствола сосны в хороших экологических условиях заметно улучшается. Так, ширина зоны поздних трахеид в сосняке черничном на 23 % больше, чем в сосняке багульниково-сфагновом. Установлено, что доля поздней древесины в формировании годичного кольца не зависит от типа изученных условий произрастания, варьируя в пределах 47...50 %. С улучшением положения дерева в пологе леса величина годичного радиального прироста ствола и доля поздней древесины существенно увеличиваются. Ширина годичного кольца и число трахеидных рядов в сосняке черничном у деревьев I класса роста больше, чем у деревьев II-III и IV-V классов роста соответственно на 6 и 17, 44 и 57 %. Ширина зоны поздних трахеид в сосняке черничном у деревьев I класса роста больше, чем у деревьев II-III и IV-V классов роста соответственно на 25 и 41 %, доля поздней древесины – соответственно на 15...19 %.

Ключевые слова: анатомия древесины, типы леса, классы роста и развития, *Pinus sylvestris* L.

Введение

При изучении биологической продуктивности древостоев в первую очередь обращается внимание на зависимость ростовых процессов от абиотических факторов, в основном на формирование стволов, где сконцентрирована

*Работа выполняется при финансовой поддержке программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности.

большая часть биомассы древостоев. Рассматриваются не только количественные, но и качественные показатели строения древесины ствола лесообразующих видов коренных типов лесных сообществ. Надежными критериями качества древесины являются доля поздней древесины, толщина клеточных оболочек и размеры трахеид, составляющих у хвойных растений более 90 % массы ствола.

Отечественные исследователи всегда уделяли большое внимание количественным показателям прироста древесины ствола хвойных растений [1–5, 7, 9, 12]. При этом установлено, что технические свойства древесины во многом определяются особенностями ее анатомического строения. Авторы подчеркивают, что нельзя судить о качестве древесины только по ее анатомическим показателям, а необходимо изучать и ее физико-механические свойства, памятуя о том, что между ними существуют вполне определенные зависимости. Установлено, что эти характеристики древесины обусловлены в основном особенностями биологии вида растения и экологическими условиями их произрастания [1, 14, 17].

Естественно предположить, что в пределах одной лесорастительной зоны наряду с общими закономерностями, связанными с динамикой погодных условий, формирование древесины ствола в различных типах леса характеризуется присущими только им особенностями. Поэтому изучение радиального прироста древесины ствола должно вестись во всех растительных зонах и типах лесных сообществ. Подобные исследования в таежной зоне России носили фрагментарный характер.

Цель исследований – установить влияние условий местопроизрастания, а также фитоценотического положения дерева на особенности анатомического строения ствола сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в таежной зоне (Южная Карелия).

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в 2011 г. в средней подзоне тайги Южной Карелии (Суоярвский муниципальный р-он; 61°55' с.ш., 32°49' в.д.). Объектами исследований служили древостои наиболее распространенных в данном регионе типов лесных сообществ – сосняках черничном, брусничном, травяно-приручейном, лишайниково-вересковом и багульниково-сфагновом (табл. 1).

Закладку пробных площадей и геоботаническое описание лесных фитоценозов проводили по общепринятым методикам [10, 11]. На каждой из пяти пробных площадей выбирали по 10 учетных деревьев II-III классов роста и развития (по Крафту), кроме того, в сосняке черничном – у деревьев I и IV-V классов.

Таблица 1

Характеристика учетных деревьев в разных типах лесных сообществ

Тип лесного сообщества	Средние			Класс бонитета
	высота, м	диаметр, см	возраст, лет	
Сосняк черничный	25,0	28,5	65	I
С. брусничный	19,3	26,9	60	II
С. травяно-приручейный	16,9	24,5	56	III
С. лишайниково-вересковый	17,4	26,6	60	IV
С. багульниково-сфагновый	19,7	25,7	70	V

Высечки древесины ствола отбирали на высоте 1,3 м в конце вегетационного периода 2011 г. Известно, что в процессе онтогенеза интенсивность формирования камбием древесины ствола изменяется. Поэтому анализировали приросты за сравнительно небольшой период времени, а именно, за последние три года.

Из высечек готовили препараты, на которых в трех местах измеряли ширину годичного кольца, ширину зоны поздней древесины, а также число трахеидных рядов (по радиусу) с помощью микрометрического винта МЦВ-1 с точностью $\pm 0,25$ мкм [15]. Выборка по данным показателям составляла 30 измерений. Все выборки проверены на закон нормального распределения. Математическая обработка данных включала получение средних арифметических величин, их ошибок и среднеквадратических отклонений. Гипотезу о зависимости анатомических особенностей от условий местопроизрастания проверяли, устанавливая достоверность различий между одноименными показателями деревьев разных типов лесных сообществ. Из полученных элементарных статистик следует, что показатель точности опыта составляет 3...5 %, коэффициент вариации – 18...22 %.

Результаты исследований и их обсуждение

Фитоценозы сосняка вересково-лишайникового растут на плакоре, где вода и минеральные вещества поступают в почву только с атмосферными осадками, в связи с чем здесь формируется промывной режим увлажнения [13]. Грунтовые воды находятся на большой глубине и не доступны для растений. Почвы песчаные и из-за низкой водоудерживающей способности отличаются недостаточной влажностью. В этих условиях происходит постоянный вынос мелкозема и гумусовых веществ с поверхностным и внутрпочвенным стоком на нижележащие территории или в глубинные слои почвы. На таких бедных и сухих почвах растут только низкопродуктивные сосняки IV класса бонитета.

На склоне песчаных возвышений (на абрупте) почвы более плодородные (супесчаные), так как в них поступает вода с минеральными элементами из вышележащих биогеоценозов (с поверхностным и внутрпочвенным стоками,

а также с грунтовыми водами). Здесь создаются условия для сравнительно хорошего роста фитоценозов сосняков черничного и брусничного соответственно I и II классов бонитета.

В пониженных элементах рельефа (на плакате) режим увлажнения создается выпадающими атмосферными осадками, притоком воды с вышележащих территорий и выходами грунтовых вод у их подножий. Сюда по склону поступает значительное количество минеральных и органических веществ, которые, однако, усваиваются растениями с трудом из-за недостатка кислорода вследствие застойного увлажнения. Здесь на торфянисто-подзолисто-глеевых почвах, крайне неблагоприятных для роста леса (IV-V классы бонитета), растут фитоценозы сосняка багульниково-сфагнового.

По берегам рек формируются почвы с избыточным проточным увлажнением, достаточно хорошо обеспечивающие корни минеральными солями и кислородом. Здесь произрастают фитоценозы сосняка травяно-приручейного III класса бонитета.

Таким образом, деревья одного вида, но произрастающие в разных экологических условиях, весьма существенно отличаются по продуктивности. Поэтому тип лесного сообщества является надежным интегральным показателем, отражающим влияние почвенно-грунтовых условий на интенсивность биопродукционных процессов.

Как показали результаты исследований, особенности анатомического строения древесины также в значительной степени связаны с различиями в условиях местопроизрастания. Выяснилось, что наиболее широкое годичное кольцо (2,01 мм) формируется в сосняке черничном (деревья II-III классов) (табл. 2). По сравнению с этим типом сообщества в сосняках брусничном, травяно-приручейном, лишайниково-вересковом и багульниково-сфагновом данный показатель меньше соответственно на 3, 6, 20 и 22 %. Здесь и далее приводятся данные, усредненные за три года исследований. Выявленная тенденция в изменчивости ширины годичного кольца в разных типах лесных сообществ за исследуемые три года оставалась неизменной. Увеличение ширины годичного кольца в лучших условиях местопроизрастания отмечено и другими исследователями [2, 4, 9, 16].

Естественно, что большей ширине годичного кольца соответствует и большее число трахеидных рядов, его формирующих. Установлено, что их наибольшее число в годичном кольце формируется в сосняке черничном, составляя в среднем 49 шт. (деревья I-III классов). По сравнению с этим типом сообщества в сосняках брусничном, травяно-приручейном, лишайниково-вересковом и багульниково-сфагновом данный показатель меньше соответственно на 4, 20, 16 и 20 %. Выявленная зависимость числа трахеидных рядов от условий произрастания за исследуемые три года оставалась неизменной.

Таблица 2

**Ширина годичного кольца ствола с ошибкой определения (в числителе, мм)
и число трахеидных рядов (в знаменателе, шт.) у деревьев *Pinus sylvestris* L.
в разных типах лесных сообществ**

Тип лесного сообщества	Год образования годичного кольца			Среднее
	2009	2010	2011	
Сосняк черничный	<u>1,95±0,09</u>	<u>2,07±0,06</u>	<u>2,01±0,10</u>	<u>2,01</u>
	50	49	49	49
С. брусничный	<u>1,91±0,08</u>	<u>2,00±0,06</u>	<u>1,96±0,06</u>	<u>1,95</u>
	48	47	47	47
С. травяно-приручейный	<u>1,89±0,06</u>	<u>1,90±0,04</u>	<u>1,90±0,04</u>	<u>1,90</u>
	38	40	38	39
С. лишайниково-вересковый	<u>1,55±0,04</u>	<u>1,63±0,05</u>	<u>1,66±0,05</u>	<u>1,61</u>
	41	41	42	41
С. багульниково-сфагновый	<u>1,62±0,08</u>	<u>1,59±0,07</u>	<u>1,57±0,09</u>	<u>1,59</u>
	40	40	37	38

Важнейшими показателями, характеризующими технические свойства древесины, являются ширина поздней древесины и процент ее участия в формировании годичного кольца. Выяснилось, что качество формирующейся древесины ствола напрямую связано с особенностями почвенно-грунтовых условий: чем они лучше, тем выше качество древесины. Так, наибольшая ширина зоны поздней древесины формируется в сосняке черничном, составляя в среднем (за 3 года) 1,01 мм (деревья II-III классов) (табл. 3).

Таблица 3

**Ширина с ошибкой определения (в числителе, мм)
и число рядов трахеид поздней древесины (в знаменателе, шт.)
у деревьев *Pinus sylvestris* L. в разных типах лесных сообществ**

Тип лесного сообщества	Год образования годичного кольца			Среднее
	2009	2010	2011	
Сосняк черничный	<u>1,05±0,06</u>	<u>1,12±0,08</u>	<u>1,01±0,03</u>	<u>1,06</u>
	30	30	30	30
С. брусничный	<u>1,14±0,06</u>	<u>1,23±0,06</u>	<u>1,17±0,09</u>	<u>1,18</u>
	27	26	28	27
С. травяно-приручейный	<u>0,96±0,05</u>	<u>0,99±0,03</u>	<u>1,01±0,05</u>	<u>0,99</u>
	17	19	18	18
С. лишайниково-вересковый	<u>0,78±0,07</u>	<u>0,97±0,08</u>	<u>0,98±0,03</u>	<u>0,91</u>
	22	23	22	22
С. багульниково-сфагновый	<u>0,89±0,08</u>	<u>0,93±0,04</u>	<u>1,03±0,07</u>	<u>0,95</u>
	21	21	20	21

По сравнению с сообществами этого типа в сосняках брусничном, травяно-приручейном, лишайниково-вересковом и багульниково-сфагновом данный показатель меньше соответственно на 5, 11, 25 и 23 %. Подобная зависимость установлена для деревьев *Pinus sylvestris* L., произрастающих и в других растительных зонах [2, 9, 12]. Между тем доля поздней древесины в формировании годичного кольца в изученных типах лесных сообществ варьирует в пределах 47...50 %. Другие исследователи также отмечают увеличение доли поздней древесины в более продуктивных типах леса [2, 9, 16, 18].

Все установленные различия в величине анатомических показателей деревьев, произрастающих в различных типах лесных сообществ, оказались достоверными.

Древесные растения, произрастающие в лесу, испытывают порой довольно заметные различия в обеспечении инсоляцией и другими экологическими факторами. Так, деревья, хорошо развитые и относящиеся к господствующей части древостоя, перехватывают своими кронами большую часть солнечной радиации [6, 8, 18]. В результате этого к отставшим в росте угнетенным деревьям ее поступает незначительное количество. В конечном итоге такие деревья, если они относятся к светолюбивым видам, не выдерживают конкуренции и отмирают. Следовательно, положение дерева в пологе леса, т. е. фитоценотическое положение, в первую очередь характеризует степень его обеспеченности таким важным экологическим фактором, как солнечная радиация.

Как известно, внутривидовая конкуренция (в основном за свет) в древостое приводит к существенным различиям в положении деревьев в пологе леса, которое в лесоведении принято характеризовать классами роста и развития (по Крафту). Оказалось, что данный биотический фактор оказывает значительное влияние и на анатомическое строение годичного кольца ствола сосны. С ухудшением положения дерева в пологе леса годичный радиальный прирост ствола существенно снижается. Так, в сосняке черничном показатель у деревьев I класса роста в среднем составляет 2,15 мм, что оказалась больше, чем у деревьев I-III и IV-V классов роста соответственно на 6 и 44 % (табл. 4). Подобную зависимость отмечают и другие исследователи [4, 14].

Таблица 4

Ширина годичного кольца ствола с ошибкой определения (в числителе, мм) и число трахеидных рядов (в знаменателе, шт.) у деревьев *Pinus sylvestris* L. разных классов роста в сосняке черничном

Класс роста и развития (по Крафту)	Год образования годичного кольца			Среднее
	2009	2010	2011	
I	<u>2,17±0,08</u>	<u>2,16±0,08</u>	<u>2,35±0,07</u>	<u>2,15</u>
	56	56	54	55
II-III	<u>2,20±0,05</u>	<u>2,28±0,06</u>	<u>2,21±0,06</u>	<u>2,02</u>
	48	47	47	47
IV-V	<u>1,63±0,05</u>	<u>1,59±0,06</u>	<u>1,70±0,03</u>	<u>1,49</u>
	35	35	34	35

Чем больше прирост, тем больше и число трахеидных слоев, его составляющих. Так, их число у деревьев I класса роста в сосняке черничном (55 шт.) по сравнению с деревьями II-III и IV-V классов роста оказалось больше соответственно на 17 и 57 %.

Выяснилось, что качество формирующейся древесины ствола в определенной степени связано с положением дерева в пологе леса. Так, наибольшая ширина зоны поздней древесины в сосняке черничном (I класс роста) составляет в среднем (за 3 года) 0,71 мм (табл. 5).

Таблица 5

Ширина с ошибкой определения (в числителе, мм) и число рядов трахеид поздней древесины (в знаменателе, шт.) у деревьев *Pinus sylvestris* L. разных классов роста в сосняке черничном

Класс роста и развития (по Крафту)	Год образования годичного кольца			Среднее
	2009	2010	2011	
I	$\frac{0,88 \pm 0,07}{27}$	$\frac{0,87 \pm 0,09}{26}$	$\frac{0,89 \pm 0,08}{26}$	$\frac{0,88}{26}$
II-III	$\frac{0,75 \pm 0,05}{21}$	$\frac{0,77 \pm 0,05}{22}$	$\frac{0,77 \pm 0,04}{21}$	$\frac{0,76}{21}$
IV-V	$\frac{0,55 \pm 0,05}{16}$	$\frac{0,58 \pm 0,06}{16}$	$\frac{0,57 \pm 0,05}{17}$	$\frac{0,57}{16}$

Если сравнить данный показатель с показателями деревьев II-III и IV-V классов роста, то он меньше соответственно на 25 и 41 %. При этом доля участия поздней древесины в формировании годичного кольца у исключительно господствующих деревьев на 15...19 % превышает аналогичный показатель у деревьев подчиненной части древостоя. Ранее С.И. Чумаченко и И.И. Степаненко [14] и И.Т. Кищенко [4] также обнаружили подобную зависимость.

Выводы

1. С улучшением экологических условий местопроизрастания интенсивность биопродукционных процессов в сосновых древостоях усиливается. Ширина годичного кольца и число трахеидных рядов у деревьев *Pinus sylvestris* L. в сосняке черничном больше, чем в с. багульниково-сфагновом соответственно на 22 и 20 %.

2. В лучших экологических условиях ширина зоны поздних трахеид увеличивается: в сосняке черничном она на 23 % больше, чем в с. багульниково-сфагновом.

3. Доля поздней древесины в ширине годичного кольца в изученных типах лесных сообществ варьирует в пределах 47...50 %.

4. С улучшением фитоценотического положения деревьев *Pinus sylvestris* L. интенсивность деятельности камбия усиливается. Ширина годичного кольца

и число трахеидных рядов в сосняке черничном у деревьев I класса роста больше, чем у деревьев II-III и IV-V классов роста соответственно на 6 и 17 и 44 и 57 %.

5. У деревьев *Pinus sylvestris* L., успешно конкурирующих за факторы среды, макроструктура древесины заметно улучшается. Ширина зоны поздних трахеид в сосняке черничном у деревьев I класса роста больше, чем у деревьев II-III и IV-V классов роста соответственно на 25 и 41 %, доля поздней древесины – на 15...19 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова Г.Ф., Стасова В.В. Формирование годичного слоя древесины стволов сосны обыкновенной и лиственницы сибирской // Лесоведение. М.: Наука, 1992. № 5. С. 19–27.
2. Бабич Н.А., Мелехов В.И., Антонов А.М., Клевцов Д.Н., Коновалов Д.Ю. Влияние условий местопроизрастания на качество древесины сосны (*Pinus sylvestris* L.) в посевах // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV, № 1. С. 54–58.
3. Ванин С.И. Об изучении анатомического строения древесины // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1949. № 4. С. 26–43.
4. Кищенко И.Т. Влияние условий местопроизрастания на анатомическое строение годичного кольца *Pinus sylvestris* L. в таежной зоне // Принципы экологии. 2014. № 2. С. 26–32.
5. Кроткевич П.Г. Выращивание высококачественной древесины. М.: Наука, 1955. 180 с.
6. Лосицкий К.Б. Производственная оценка климата в лесном хозяйстве // Лесн. хоз-во. 1974. № 7. С. 34–37.
7. Мелехов И.С. О качестве северной сосны. Архангельск: Изд-во АЛТИ, 1932. 21 с.
8. Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Наука, 1980. 406 с.
9. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А. Качество древесины сосны в культурах. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. 110 с.
10. Полевая геоботаника. М.: Изд-во АН СССР, 1964. Т. 3. 530 с.
11. Программа и методы биогеоценологических исследований. М.: Изд-во АН СССР, 1974. 404 с.
12. Сахаров М.И. Анатомическое строение древесины сосны (*Pinus sylvestris* L.) в связи с условиями местопроизрастания // Тр. Брянск. с.-х. ин-та. 1940. Т. 2. С. 287–301.
13. Сукачев В.Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии // Избр. тр. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 578 с.
14. Чумаченко С.И., Степаненко И.И. Влияние классов роста и размеров крон деревьев на строение древесины сосны с внесением минеральных удобрений // Лесн. вестн. 2007. № 7. С. 7–12.
15. Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.: Наука, 1954. 338 с.
16. Cregg V.M., Dougherty K.F., Hennessey T.C. Growth and wood quality of young loblolly pine trees in relation to stand and climatic factors // Canad. J. Forest Res. 1988. Vol. 18. P. 851–858.

17. *Fritts H.* Tree rings and climate. London; N. Y.; San Francisco: Acad. Press, 1976. 567 p.

18. *Odin H.* Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants // *Studia Forestalia Suecica*. Skogshögskolan Royal College of Forestry. Stockholm, 1972. № 2. 32 p.

Поступила 06.04.15

UDC 630*161.4: 630*174.754

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.61

Anatomical Structure of the Annual Ring of *Pinus Sylvestris* L. in Different Forest Types of the Taiga Zone

I.T. Kishchenko, Doctor of Biological Sciences, Professor

Petrozavodsk State University, Lenin ave., 33, Petrozavodsk, 185640, Russian Federation;
e-mail: ivanki@karelia.ru

We studied the features of the anatomical structure of a common pine trunk (*Pinus sylvestris* L.) in South Karelia (the middle taiga subzone). The objects of the research were the stands of five types of forest communities. Trunk wood cuttings were selected at a height of 1.3 m. The formulations were prepared from the cuttings and were used as the basis for the measurement of the width of an annual ring, of the latewood zone and the number of tracheide rows (radially) in three locations. With the improvement of the environmental conditions of habitat the intensity of the bioproduction processes in the pine stands increases. The width of the annual ring and the number of tracheide rows of trees in a bilberry pine forest are more than that in a ledum and sphagnum pine forest by 22 and 20 % respectively. The macrostructure of a pine trunk in good ecological conditions improves markedly. Thus, the width of the late tracheide zone in a bilberry pine forest is by 23 % greater than that in a ledum and sphagnum pine forest. The proportion of latewood in the formation of the annual ring is independent on the type of the studied growth conditions, varying in the range of 47...50 %. With the improvement of the tree location in the forest canopy the value of the annual radial growth of a trunk and the proportion of latewood increase substantially. The width of the annual rings and the number of tracheide rows of trees of the I growth class in a bilberry pine forest are more than of trees of the II–III and IV–V growth classes by 6, 17, 44 and 57 % respectively. The width of the late tracheids zone of trees of the I growth class in a bilberry pine forest is greater than that of trees of the II–III and IV–V growth classes by 25 and 41 % respectively, and the proportion of latewood – by 15...19 %.

Keywords: wood anatomy, forest type, growth and development class, *Pinus sylvestris* L.

REFERENCES

1. Antonova G.F., Stasova V.V. Formirovanie godichnogo sloya drevesiny stvolov sosny obyknovennoy i listvennitsy sibirskoy [Formation of the Annual Ring of Trunk Wood of Scots Pine and Siberian Larch]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1992, no. 5, pp. 19–27.

2. Babich N.A., Melekhov V.I., Antonov A.M., Klevtsov D.N., Konovalov D.Yu. Vliyanie usloviy mestoproizrastaniya na kachestvo drevesiny sosny (*Pinus sylvestris* L.) v posevakh [Effect of Habitat Conditions on the Quality of Pine Wood (*Pinus sylvestris* L.) in Crops]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the Boreal Area], 2007, vol. XXIV, no. 1, pp. 54–58.
3. Vanin S.I. Ob izuchenii anatomicheskogo stroeniya drevesiny [On the Study of the Anatomical Structure of Wood]. *Trudy Instituta lesa AN SSSR* [Proc. Forest Institute of the USSR Academy of Sciences], 1949, no. 4, pp. 26–43.
4. Kishchenko I.T. Vliyanie usloviy mestoproizrastaniya na anatomicheskoe stroenie godichnogo kol'tsa *Pinus sylvestris* L. v taezhnoy zone [Effect of Habitat Conditions on the Anatomical Structure of the Annual Rings *Pinus sylvestris* L. in the Taiga Zone]. *Printsipy ekologii* [Principles of the Ecology], 2014, no. 2, pp. 26–32. doi: 10.15393/j1.art.2014.3602.
5. Krotkevich P.G. *Vyrashchivanie vysokokachestvennoy drevesiny* [High-Quality Wood Cultivation]. Moscow, 1955. 180 p.
6. Lositskiy K.B. Proizvodstvennaya otsenka klimata v lesnom khozyaystve [Production Assessment of Climate in Forestry]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1974, no. 7, pp. 34–37.
7. Melekhov I.S. *O kachestve severnoy sosny* [On the Quality of Northern Pine]. Arkhangelsk, 1932. 21 p.
8. Melekhov I.S. *Lesovedenie* [Silviculture]. Moscow, 1980. 406 p.
9. Melekhov V.I., Babich N.A., Korchagov S.A. *Kachestvo drevesiny sosny v kul'turakh* [Quality of Pine Wood in the Cultures]. Arkhangelsk, 2003. 110 p.
10. *Polevaya geobotanika* [Field Geobotany]. Moscow, 1964, vol. 3. 530 p.
11. *Programma i metody biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [The Program and Methods of Biogeocoenological Research]. Moscow, 1974. 404 p.
12. Sakharov M.I. Anatomicheskoe stroenie drevesiny sosny (*Pinus sylvestris* L.) v svyazi s usloviyami mestoproizrastaniya [Anatomical Structure of Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Relation to the Site Conditions]. *Trudy Bryanskogo sel'sko-khozyaystvennogo instituta* [Proc. Bryansk Agricultural Institute], 1940, vol. 2, pp. 287–301.
13. Sukachev V.N. Osnovy lesnoy tipologii i biogeotsenologii [Fundamentals of Forest Typology and Biogeocoenology]. *Izbrannye trudy* [Selectas]. Leningrad, 1972, vol. 1. 578 p.
14. Chumachenko S.I., Stepanenko I.I. Vliyanie klassov rosta i razmerov kron derev'ev na stroenie drevesiny sosny s vneseniem mineral'nykh udobreniy [Effect of Growth Classes and Sizes of Tree Crowns on the Structure of Pine Wood with Fertilizing]. *Lesnoy vestnik*, 2007, no. 7, pp. 7–12.
15. Yatsenko-Khmelevskiy A.A. *Osnovy i metody anatomicheskogo issledovaniya drevesiny* [Fundamentals and Techniques of Anatomical Study of Wood]. Moscow, 1954. 338 p.
16. Cregg B.M., Dougherty K.F., Hennessey T.C. Growth and Wood Quality of Young Loblolly Pine Trees in Relation to Stand and Climatic Factors. *Canad. J. Forest Res.*, 1988, vol. 18, pp. 851–858.
17. Fritts H. *Tree Rings and Climate*. London; New York; San Francisco, 1976. 567 p.
18. Odin H. Studies of the Increment Rhythm of Scots Pine and Norway Spruce Plants. *Studia Forestalia Suecica. Skogshögskolan Royal College of Forestry*. Stockholm, 1972, no. 2. 32 p.

Received on April 06, 2015

УДК 630*585:630*587.2

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.71

**УЧЕТ И ОЦЕНКА ЛЕСОВ,
ВОЗНИКШИХ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ,
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Ю.И. Перепечина¹, д-р с.-х. наук, проф.

О.И. Глушенков², канд. с.-х. наук, дир.

Р.С. Корсиков², гл. инж.

¹Брянская государственная инженерно-технологическая академия, просп. Станке Димитрова, д. 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: lhf_bryansk@mail.ru

²Филиал «Заплеспроект» ФГУП «Рослесинфорг», ул. Никитина, д. 14, г. Брянск, Россия, 241021; e-mail: glushenkow@zaples.ru

Во второй половине 90-х гг. XX в. в результате практически полного прекращения государственной поддержки сельхозпроизводителей значительные площади земель были выведены из сельскохозяйственного пользования. В 2011 г. нами в порядке выполнения опытно-производственной работы была проведена оценка вновь возникших лесов на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования в Брянской области. Для этого использовали космические снимки разрешением 2,5 м. Общая площадь возникших лесов в области составила 120,6 тыс. га. Совместно с Всесоюзным научным исследовательским институтом лесоводства и механизации лесного хозяйства в 2014 г. была проведена оценка древесной растительности, возникшей на заброшенных сельхозземлях и лесных участках, не учтенных в ГЛР в Гордеевском и Красногорском районах с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Выявление неучтенных лесов на землях иных категорий проводили в программном комплексе ENVI 4.6 путем контролируемой классификации с использованием алгоритма минимального спектрального расстояния мультиспектральных космических снимков Landsat-8, покрывающих всю территорию объектов работ. Средствами программного комплекса MapInfo 11.0.17 были рассчитаны площади и количество участков неучтенных лесов на землях иных категорий по административным районам, лесобразующим породам и группам возраста. В настоящее время площадь неучтенных лесов значительна и превышает площадь лесного фонда по Красногорскому району в 1,4 раза, по Гордеевскому – в 2,2 раза. Лесистость районов с учетом выявленных лесов составляет по Красногорскому и Гордеевскому районам соответственно 35,0 и 33,0 % (в Лесном плане – 16,4 и 1,7 %). Лесистость определена без площади березовых рединов, которые занимают по Красногорскому и Гордеевскому районам соответственно 5282 и 3745 га. Общий запас древесины неучтенных лесов по этим районам – соответственно 941,3 и 919,9 тыс. м³, общий запас депонированного углерода в них – соответственно 551,2 и 487,7 тыс. т.

Ключевые слова: земли сельскохозяйственного назначения, космические снимки, неучтенные леса, запас, дистанционное зондирование земли, таксационные показатели.

Введение

Во второй половине 90-х гг. прошлого столетия произошли стремительные изменения в обществе и экономике бывшего Советского Союза. Такие изменения не могли не сказаться на структуре землепользования. Значительно сократилась государственная поддержка сельского хозяйства (с 39 млрд долларов США в 1990 г. до 2 млрд долларов США в 2000 г.) [2]. В результате многие коллективные сельскохозяйственные предприятия (колхозы, совхозы) прекратили свою деятельность, оставшиеся не имели возможности эффективно использовать землю для целей сельскохозяйственного производства. Институт фермерства, который по замыслу реформаторов должен был прийти на смену коллективным хозяйствам, не получил развития из-за бедности сельского населения, ограниченного доступа к кредитам и не до конца доведенных институциональных преобразований.

В результате практически полного прекращения государственной поддержки сельхозпроизводителей значительные площади земель были выведены из сельскохозяйственного пользования. Отсутствие средств для приобретения удобрений привело к резкому снижению урожайности, что было прямым следствием неэффективности использования не только земель, но и всего сельскохозяйственного производства. Заброшенные земли стали зарастать древесно-кустарниковой растительностью. Кроме того, существовали отдельные участки лесов (по оврагам, ручьям), которые не учитывались в категории «леса». До сих пор отсутствует учет и оценка масштабов заброшенных земель, в том числе и возникших на них лесов. Встречаются только отдельные отрывочные данные [1 – 4].

В 2012 г. международная группа ученых и специалистов ведущих институтов по проблеме использования земель на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) сделала попытку оценить масштабы заброшенных сельскохозяйственных земель в странах Восточной Европы [5]. Были обследованы близкие по агроэкологическим характеристикам отдельные регионы Польши, Белоруссии, России и стран Балтии.

Результаты работ оказались следующими: из 9 млн га, которые находились в сельскохозяйственном пользовании в 1990 г., 27 % (2,5 млн га) были заброшены к 1999–2000 гг.: Латвия – 42,0 %, Россия – 31,3 %, Литва – 28,4 %, Польша – 14,0 %, Белоруссия – 13,5 % [7, 8]. Из российских регионов наивысшая относительная доля заброшенных земель отмечена в Смоленской области – 46,0 %. Этот показатель достигает в отдельных районах 60,0 %.

Опубликованная официальная статистика отражает продолжающееся сокращение пахотных земель в Белоруссии и России, несмотря на государственное стимулирование агропромышленного сектора в этих странах. Авторы исследования видят основную причину в отложенных (Белоруссия) или незаконченных (Россия) реформах в агропромышленном секторе и частном землепользовании. Массовый вывод земель из-под сельскохозяйственного использования привел к значительному сокращению пашни – основной категории земель, обеспечивающих продовольственную безопасность страны.

Следует отметить, что с 2008 г. активизировалось научное изучение проблемы заброшенных земель и путей их дальнейшего использования. Отдельным направлением стало изучение процесса зарастания земель древесно-кустарниковой растительностью. Институтом географии РАН изучена длительная динамика сукцессии на заброшенных землях в различных условиях. Так, в южно-таежном регионе на суглинистых почвах Кировской области на 11–14-летней залежи формируется чистый густой березняк, в последующем преобразующийся в елово-березовый лес и, далее, в ельник с незначительной примесью березы [2]. Состав формирующихся насаждений зависит от почвенных условий, расстояния от насаждений-обсеменителей, а также от размера участка. Если заброшенный участок небольшой и окружен хвойным лесом, то он, как правило, зарастает хвойными породами. При недостаточном количестве хвойных экземпляров рубками ухода можно сформировать смешанное хвойное насаждение [3]. По данным Института географии РАН, в северной лесостепи на сырых лесных суглинках 12-летней залежи сформировался высокополнотный березняк. Формирование березово-осиновых насаждений происходит, как правило, на значительном удалении от стен леса, что объясняется способностью семян этих пород к разлету на дальние расстояния.

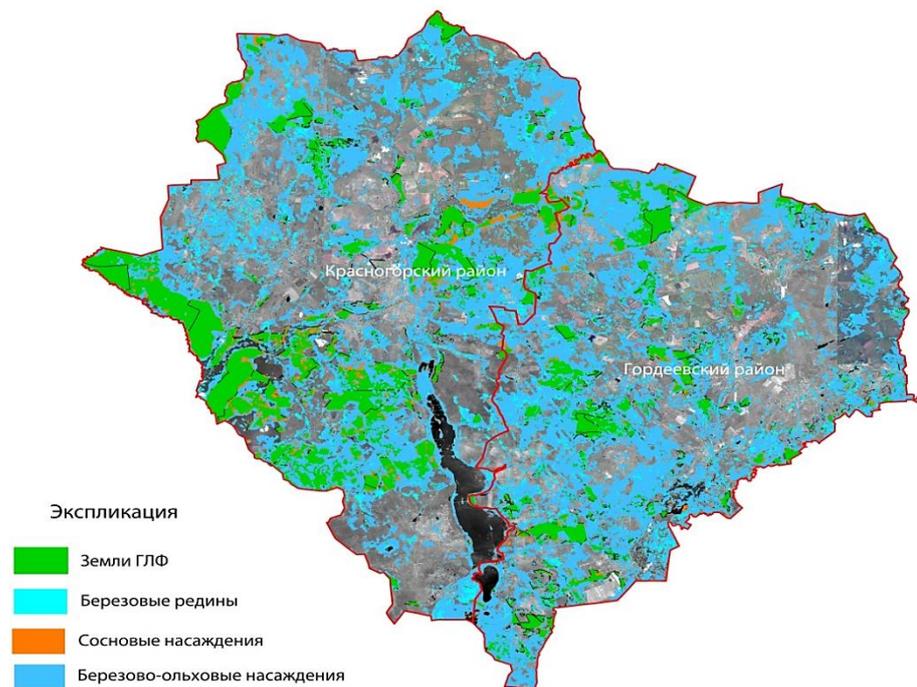
Методы исследований

В 2011 г. в порядке выполнения опытно-производственной работы была проведена оценка вновь возникших лесов на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования в Брянской области. Учет площадей, заросших древесно-кустарниковой растительностью, проводили с применением космических снимков разрешением 2,5 м по территориям Брасовского, Выгоничского, Дятьковского, Жуковского, Клетнянского, Навлинского, Мглинского лесничеств. Дешифрированием охвачены районы с различной лесистостью и уровнем вовлечения земель в сельхозпользование. В пересчете на всю территорию области неучтенными в ГЛР и Государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) являются леса площадью 120,6 тыс. га, что соответствует площади лесов Орловской области [4].

В 2014 г. совместно с Всесоюзным научно-исследовательским институтом лесоводства и механизации лесного хозяйства в двух районах (Гордеевском и Красногорском) была проведена более детальная оценка древесной растительности, возникшей на заброшенных сельхозземлях и лесных участках, неучтенных в ГЛР. Это преимущественно сельскохозяйственные территории, в наибольшей степени пострадавшие от аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Здесь процесс вывода земель из сельхозпользования шел более быстрыми темпами, чем в других районах области.

На первом этапе работ необходимо было определить границы неучтенных лесов на землях иных категорий. Для этого были использованы мультиспектральные космические снимки Landsat-8 (10.09.2014), покрывающие

всю территорию объектов работ. В программном комплексе ENVI 4.6 была создана «маска» территории государственного лесного фонда Злынковского лесничества на основе векторной базы данных последнего лесоустройства 2002 и 2006 гг. Результатом работ этого этапа явилось установление контуров внешних границ и площади неучтенных лесов на землях иных категорий (см. рисунок).



Установление контуров внешних границ и площади неучтенных лесов на землях иных категорий

На втором этапе необходимо было классифицировать данные ДЗЗ полученных территорий неучтенных лесов.

Набор эталонов и проверку результатов классификации космических снимков проводили на архивной съемке сверхвысокого (пространственное разрешение 0,5 м/пкс) и высокого (2,5 м/пкс) разрешения, представленной изображениями со спутников WorldView-1, WorldView-2, а также ALOS, классификацию неучтенных лесов на землях иных категорий – в программном комплексе ENVI 4.6 путем проведения контролируемой классификации с использованием алгоритма минимального спектрального расстояния, обеспечившего наиболее достоверные результаты по сравнению с другими методами.

Перед проведением классификации, созданный в MapInfo 11.0.17 векторный слой с обучающими выборками импортировали в ENVI 4.6 с последующим его преобразованием в области интереса (Regions of Interest (ROI)), которые использовали для извлечения статистики при классификации мультиспектральных изображений. При классификации космических снимков были использованы все спектральные каналы (7 каналов Landsat-8). Участки обучения для создания сигнатур при классификации были одинаковыми для двух снимков. Для обучения выделены 16 классов (табл. 1).

Таблица 1

Классы обучающих эталонов для создания сигнатур

Номер класса	Название класса	Количество участков
1	Спелые сосновые насаждения	8
2	Сосновые молодняки	12
3	Средневозрастные сосновые насаждения	4
4	Спелые березовые насаждения	4
5	Средневозрастные березовые насаждения	3
6	Березовые молодняки	36
7	Спелые ольховые насаждения	2
8	Средневозрастные ольховые насаждения	1
9	Спелые осиновые насаждения	1
10	Водные объекты	7
11	Поля 1(голая почва)	8
12	Поля 2(почва с незначительной растительностью)	4
13	Поля 3 (почва с растительностью)	1
14	Луга, сенокосы	28
15	Заболоченные участки	7
16	Березовые редины	4

Выбор границы между классами осуществляли на основании значения стандартного отклонения, которое составило 5 яркостных величин.

После завершения процесса классификации проводили постквалификационную обработку полученного изображения с генерализацией изображения медианным фильтром в целях удаления единичных пикселей внутри других классов.

Затем полученное генерализованное изображение проходило векторизацию и экспорт векторной карты в MapInfo 11.0.17.

Результаты исследований и их обсуждение

С помощью средств программного комплекса MapInfo 11.0.17 по административным районам, лесообразующим породам и группам возраста были рассчитаны площади и количество участков неучтенных лесов на землях иных категорий (табл. 2, 3).

Таблица 2

**Результаты выявления неучтенных лесов по снимку Landsat-8 (10.09.2014)
в пределах Гордеевского и Красногорского районов**

Класс	Площадь, га/% от неучтенных лесов			Количество участков, шт./% от неучтенных лесов		
	Красно- горский	Горде- евский	Итого	Крас- но- гор- ский	Горде- евский	Итого
Сосняки:	120,2	15,2	135,4	44	13	57
спелые	0,5	0,1	0,3	0,6	0,2	0,4
средневозрастные	76,4	24	100,4	47	21	68
молодняки	0,3	0,1	0,2	0,7	0,3	0,5
	1595,7	791,7	2387,4	306	255	561
	6,4	3,6	5,1	4,5	4,0	4,3
Березово-ольховые:	2366,2	2792,3	5158,5	989	1106	2095
спелые	9,4	12,7	11,0	14,6	17,5	16,0
средневозрастные	1519,2	1485,0	3004,2	990	967	1957
молодняки	6,1	6,7	6,4	14,6	15,3	14,9
	13848,6	12754,2	26602,8	2119	1854	3973
	55,3	57,9	56,5	31,3	29,3	30,3
Береза редины	5282,1	3744,8	9026,9	2198	1927	4125
	21,1	17,0	19,2	32,5	30,5	31,5
Осинники спелые	248,8	438,5	687,3	80	180	260
	1,0	2,0	1,5	1,2	2,8	2,0
Итого неучтенных лесов	25057,2	22045,7	47102,9	6773	6323	13096
ГЛФ	17970	9910	27880	–	–	–
Прочие земли	64072,8	53144,3	117217,1	–	–	–
<i>Всего</i>	107100	85100	192200	–	–	–

Таким образом, площадь неучтенных лесов на землях иных категорий составила 47102,9 га, в том числе по Красногорскому – 25057,2 га, по Гордеевскому – 22045,7 га, или в процентах от общей площади административных районов – соответственно 23,3 и 25,9.

На основе данных классов обучающих эталонов были определены средние таксационные показатели каждого класса.

Каким же образом наиболее эффективно использовать леса, созданные самой природой? На этот счет есть различные предложения: раскорчевать и рекультивировать или передать в лесной фонд [2].

Нам представляется, что по возникшим на заброшенных землях лесам необходимо принять отдельный законодательный или нормативный акт. Наиболее оптимально на базе этих лесов организовать муниципальные лесничества, установить минимальный возраст рубки, соответствующий возрасту количественной спелости: для березы – 35... 40 лет, для осины – 30 лет.

Таблица 3

Результаты определения средних таксационных показателей возникших лесов

Класс	Количество участков	Площадь, га	Средняя площадь участка, га	Возраст	Усредненный состав	Высота, м	Полнота	Запас на 1 га, м ³	Общий запас, тыс. м ³
<i>Гордеевский район</i>									
Сосняки:									
спелые	13	15,2	1,2	90	10С	24	0,5	180	2,7
средневозрастные	21	24	1,1	50	8С 2Б	16	0,6	120	2,9
молодняки	255	791,7	3,1	10-20	6С 4Б	5	0,6	20	15,8
Березняки:									
спелые	1106	2792,3	2,5	70	6Б 4Олч	22	0,5	130	363,0
средневозрастные	967	1485	1,5	30	6Б 4Олч	17	0,5	60	89,1
молодняки	1854	12754,2	6,9	5-15	7Б 3Олч	6	0,6	20	255,1
Осинники									
спелые	180	438,5	2,4	60	8Ос 2Б	21	0,6	180	78,9
Береза редины	1927	3744,8	1,9	40	10Б	17	0,2	30	112,3
<i>Итого</i>	6323	22045,7	3,5	–	–	–	–	–	919,8
<i>Красногорский район</i>									
Сосняки:									
спелые	44	120,2	2,7	90	10С	24	0,5	180	21,6
средневозрастные	47	76,4	1,6	50	8С 2Б	16	0,6	120	9,2
молодняки	306	1595,7	5,2	10-20	6С 4Б	5	0,6	20	31,9
Березняки:									
спелые	989	2366,2	2,4	70	6Б 4Олч	22	0,5	130	307,6
средневозрастные	990	1519,2	1,5	30	6Б 4Олч	17	0,5	60	91,2
молодняки	2119	13848,6	6,5	5-15	7Б 3Олч	6	0,6	20	276,9
Осинники									
спелые	80	248,8	3,1	60	8Ос 2Б	21	0,6	180	44,8
Береза редины	2198	5282,7	2,4	40	10Б	17	0,2	30	158,5
<i>Итого</i>	6773	25057,2	–	–	–	–	–	–	941,7

В этом возрасте можно заготовить баланс, который востребован на рынке. Во всяком случае, проблему этих лесов следует решать. В настоящее время часто они бессмысленно уничтожаются

Таким образом, проведенная работа по выявлению неучтенных лесов показала, что в настоящее время площадь таких лесов значительна и по Красногорскому району превышает площадь лесного фонда в 1,4 раза, по Гордеевскому – в 2,2 раза. Лесистость Красногорского и Гордеевского районов с учетом выявленных лесов составляет соответственно 35,0 и 33,0 % (вместо приведенных в Лесном плане 16,4 и 11,7 %). Лесистость определена без березовых редиц, площадь которых по Красногорскому району составляет 5282 га, по Гордеевскому району – 3745 га. Общий запас древесины неучтенных лесов составляет в этих районах – соответственно 941,3 и 919,9 тыс. м³.

В настоящее время древесина неучтенных лесов не имеет товарной ценности, однако она выполняет важную экологическую функцию, в том числе по запасу депонированного углерода, что является значительным вкладом в замедление процесса потепления климата. Общий запас депонированного углерода в неучтенных лесах, определенный по таблицам [6] по Красногорскому и Гордеевскому районам, составляет 551,2 и 487,7 тыс. т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушенков О.И. Оценка количественных и качественных характеристик лесов субъекта Российской Федерации при государственной инвентаризации (на примере Брянской области): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 2013. 25 с.
2. Ерусалимский В.И. Лес и пашня // Лесн. хоз-во. 2011. № 2. С. 14–15.
3. Люри Д.И., Горячкин С.В., Каравалева Н.А. и др. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX в. и постагрогенное восстановление растительности и почв. М., 2010.
4. Новоселова Н.Н. Формирование лесных насаждений на землях, вышедших из под сельскохозяйственного пользования в таежной зоне Пермского края. Екатеринбург, 2007. 21 с.
5. Прищипов А.В., Раделлофф Ф.С., Бауманны М., Кюмерле Т., Мюллер Д. Влияние институциональных и социоэкономических изменений после распада СССР на сельскохозяйственное землепользование в Восточной Европе // Земля из космоса. Вып. 14. М., 2012. С. 7–14.
6. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии / Сост. А.З. Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильсон, Ю.И. Булый. Ю.И. М.: МИПСА, 2008.
7. Kuemmerle T., Hostert P., Radeloff V.C., van der Linden S., Perzanowsk K., Kruhlov I. Gross-border comparison of post-socialist farmland abandonment in the Carpathians // Ecosystems. 2008. N 11. P. 614–628.
8. Prishchepov A. V., Radeloff V. C., Baumann M., Kuemmerle T., Muller D. Effects of institutional changes on land use. Agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe Environmental Research Letters 2021a. 7. 13 p.

Поступила 04.02.15

UDC 630*585:630*587.2

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.71

Forest Inventory and Assessment in the Agricultural Lands Using the Earth Remote Sensing Data

*Yu.I. Perepechina*¹, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

*O.I. Glushenkov*², *Candidate of Agricultural Sciences*

*R.S. Korsikov*², *Engineer-in-Chief*

¹ Bryansk State Engineering Technological Academy, Stanke Dimitrov ave., 3, Bryansk, 241037, Russian Federation; e-mail: lhf_bryansk@mail.ru

² Zaplesproject, Branch of Roslesinforg, Nikitin str., 14, Bryansk, 241021, Russian Federation; e-mail: glushenkow@zaples.ru

In the second half of the 1990s as a result of the absence of state support of agricultural producers the significant areas of land were withdrawn from agricultural use. In 2011 in the course of the experimental and productive work we evaluated the newly established forests on the lands taken out of agricultural use in Bryansk region. The satellite images of the ground sample distance of 2.5 m were used. The total area of new forests in the region amounted to 120.6 thousand ha. In 2014, together with the Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry we evaluated woody vegetation occurred on abandoned agricultural lands and forest areas not included in the State forest register in the Gordeevsk and Krasnogorsk districts with the use of the Earth remote sensing data. The identifying of unaccounted forests on the lands of other categories was carried out in the software package ENVI 4.6 by the supervised classification with the algorithm of the minimum spectral distance of multispectral satellite images Landsat-8, covering the entire territory of the work objects. We counted the areas and the number of plots of unrecorded forests on the lands of other categories by means of MapInfo 11.0.17 software complex. The calculation was carried out according to the administrative districts, forest forming species and age groups. Currently, the area of unrecorded forests is significant and exceeds the area of the forest fund in the Krasnogorsk district by 1.4-fold, in the Gordeevsk district – by 2.2-fold. The area covered by a forest, taking into account the identified forests, in the Krasnogorsk and Gordeevsk districts is 35.0 and 33.0 %, respectively (in the forest plan – 16.4 and 1.7 %). The forest cover percent is determined without the area of birch open stands, which occupy 5 282 ha in the Krasnogorsk district and 3 745 ha in the Gordeevsk district. The total timber reserve of the unaccounted forests is 941.3 and 919.9 thousand m³ in these districts respectively. The total stock of deposited carbon is 551.2 and 487.7 thousand tons.

Keywords: agricultural land, space image, unaccounted forests, reserve, Earth remote sensing, inventory indices.

REFERENCES

1. Glushenkov O.I. *Otsenka kolichestvennykh i kachestvennykh kharakteristik lesov sub"ekta Rossiyskoy Federatsii pri gosudarstvennoy inventarizatsii (na primere Bryanskoy oblasti): avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Evaluation of Quantitative and Qualitative Characteristics of Forests of the Russian Federation in State Forest Inventory (Bryansk Region): Cand. Agric. Sci. Diss. Abs.]. Bryansk, 2013. 25 p.

2. Erusalimskiy V.I. Les i pashnya [A Forest and an Arable Land]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2011, no. 1, pp. 14–15.

3. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., et al. *Dinamika sel'skokhozyaystvennykh zemel' Rossii v XX v. i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv* [Dynamics of the Agricultural Lands of Russia in the XX Century and Postagrogenic Restoration of Vegetation and Soil]. Moscow, 2010.

4. Novoselova N.N. *Formirovanie lesnykh nasazhdeniy na zemlyakh, vyshedshikh iz pod sel'skokhozyaystvennogo pol'zovaniya v taezhnoy zone Permskogo kraya* [Formation of Forest Plantations on the Lands Taken out of Agricultural Use in the Taiga Zone of Perm Region]. Yekaterinburg, 2007. 21 p.

5. Prishchipov A.V., Radeloff F.S., Baumanny M., Kyumerle T., Myuller D. Vliyanie institutsionnykh i sotsio-ekonomicheskikh izmeneniy posle raspada SSSR na sel'skokhozyaystvennoe zemlepol'zovanie v Vostochnoy Evrope [Impact of the Institutional and Socio-Economic Changes after the Demise of the Soviet Union on the Agricultural Land Use in Eastern Europe]. *Zemlya iz kosmosa* [Earth from Space], 2012, no. 14, pp. 7–14.

6. *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy Evrazii* [Tables and Models of the Course of Growth and Productivity of Plantations of the Main Forest Forming Species of Northern Eurasia]. Ed. by A.Z. Shvidenko, D.G. Shchepashchenko, S. Nil'son, Yu.I. Bulyy. Moscow, 2008.

7. Kuemmerle T., Hostert P., Radeloff V.C., van der Linden S., Perzanowski K., Kruhlov I. Cross-Border Comparison of Post-Socialist Farmland Abandonment in the Carpathians. *Ecosystems*, 2008, no. 11, pp. 614–628.

8. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Baumann M., Kuemmerle T., Muller D. Effects of Institutional Changes on Land Use: Agricultural Land Abandonment During the Transition from State-Command to Market-Driven Economies in Post-Soviet Eastern Europe. *Environmental Research Letters*, 2021, no. 7(2), p. 0240216.

Received on February 04, 2015

УДК 630*21

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.81

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ БЕРЕЗЫ НА ВЫРУБКАХ

А.В. Грязькин, д-р биол. наук, проф.

М.А. Новикова, асп.

Я.А. Новиков, студ.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени
С.М. Кирова, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия, 194021;
e-mail: lesovod@bk.ru, masch-novikova@yandex.ru, jaroslavnovikov@yandex.ru

Береза относится к числу древесных пород – пионеров, порода светолюбивая, мезофит и мезотроф. Несмотря на значительное распространение березовых лесов, особенности развития и функционирования этих формаций слабо изучены. Именно таким звеном в исследованиях, посвященных березнякам, остается естественное возобновление березы. В первую очередь это относится к березе пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и березе повислой, или бородавчатой (*B. pendula* Roth.). Появление самосева березы на вырубках проходит довольно активно в течение первых 2...3 лет после сплошной рубки древостоев. Установлено, что численность подроста зависит главным образом от давности рубки древостоев («возраста» вырубки). С увеличением давности рубки количество подроста уменьшается, изменяется и структура подроста по высоте – на свежих (2–3-летних) вырубках преобладает мелкий и средний подрост, на старых – крупный и средний. Состав и численность подроста зависят также от типа леса и состава древостоя до рубки. Наибольшее количество подроста березы наблюдается на вырубках в условиях черничного типа леса. Установлено, что чем больше доля березы в составе древостоев до рубки, тем выше численность подроста березы на вырубке. В условиях черничного типа леса доля жизнеспособного подроста выше, а доля сухого ниже, чем в условиях кисличного типа леса. Здесь выше и встречаемость подроста при его сопоставимой численности. Представленность подроста березы по видам определяется не только долей березы пушистой и березы повислой в составе древостоя до рубки. На вырубках в большинстве случаев преобладает подрост березы пушистой, как наиболее устойчивой к повышению влажности почвы после рубки древостоя. Соотношение этих видов меняется и в зависимости от типа леса. В составе подроста на вырубках в черничном типе леса преобладает береза пушистая, в кисличном и брусничном – береза повислая. Численность подроста березы на вырубках различной давности колеблется от 1,2 до 30,8 тыс. экз./га.

Ключевые слова: таежные леса, вырубка, естественное возобновление, подрост, подлесок, живой напочвенный покров, береза повислая, береза пушистая.

Введение

Береза – одна из немногих пород, которая таксирована не по биологическому виду, а по роду, что явно не соответствует прогрессу лесоводства и лесного хозяйства [1, 6]. Еще 10...15 лет назад лесопотребляющие производства

страны использовали в основном хвойную древесину, в которой тогда уже ощущался большой недостаток. Древесина лиственных пород использовалась в ограниченных объемах, но зарубежный опыт и передовой опыт в нашей стране показывают, что такую древесину можно использовать во многих производствах и в большинстве случаев она может заменить хвойную. Важнейшим направлением использования лиственной древесины является целлюлозно-бумажное производство. По мнению некоторых исследователей в последнее десятилетие как в нашей стране, так и за рубежом удельный вес использования лиственной древесины увеличился до 50 % [9, 10].

Плодоношение березы пушистой, как и березы повислой, происходит практически ежегодно, плодоношение обильное. Известно, что только в одной плодовой сережке может содержаться от 400 до 700 семян с крылышками [2]. Одно дерево в зависимости от условий и возраста может давать от 80 тыс. до 150 тыс. семян ежегодно. Дальность разлета семян велика и достигает 1,5...3,0 км [1, 2, 7, 9, 10].

Цель работы – оценка успешности естественного возобновления разных видов березы на вырубках в зависимости от типа леса, давности рубки и состава древостоя до рубки.

Объекты и методы исследования

Для исследования были отобраны 11 вырубок в различных лесорастительных условиях Тверской и Ленинградской областей. В табл. 1 представлена характеристика объектов исследования до рубки.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования до рубки

Номер объекта	Площадь выдела, га	Состав древостоя до рубки	Относительная полнота	Средний возраст, лет	Тип леса/ТУМ*
<i>Тверская область</i>					
1	4,7	7С2Е1Б	0,6	85	Счер/В ₃
2	6,8	8С2Б	0,6	90	Счер/В ₃
3	3,6	3С2Е5Б+Ос	0,7	75	Сбр/А ₂
4	2,7	8С2Б	0,7	70	Сбр/В ₂
5	8,0	5ЕЗБ1Ос1Олс	0,8	75	Екис/С ₃
6	4,4	5Б5Ос+Е	0,8	70	Бкис/С ₃
7	2,6	7Б1Ос1ОЛС1Е	0,7	65	Бкис/С ₃
8	5,3	5СЗЕ2Б	0,7	70	Счер/В ₃
<i>Ленинградская область</i>					
21	1,7	9С1Е+Б	0,6	120	Счер/В ₂
22	3,7	9С1Еед.Б	0,7	140	Счер/В ₃
23	7,0	5Е4Ос1Б+С	0,8	90	Ечер/В ₃

*ТУМ – тип условий места произрастания.

Полевые и камеральные работы проводили по апробированной методике [3–5,8], учет и глазомерно-измерительную оценку естественного возобновления – по ходовым линиям, равномерно размещенным на лесном участке. Для учета подроста и растительности нижних ярусов закладывали круговые учетные площадки с постоянным радиусом 178,5 см. При этом учитывали состояние подроста, его количество, состав, встречаемость и структуру по высоте, а также подлесок (состав, количество и структуру по высоте) и живой напочвенный покров (видовой состав, проективное покрытие и встречаемость по видам).

Результаты и обсуждения

В табл. 2 представлены материалы по учету подроста на вырубках различной давности на территории двух субъектов РФ. Объекты исследования различаются и по условиям места произрастания.

Видовой состав живого напочвенного покрова соответствует типу леса. В условиях черничного типа леса под пологом древостоев преобладают черника, хвощ лесной, щитовники. На вырубке резко возрастает доля вейника и осоки.

Таблица 2

Состав, численность и структура подроста по группам высот на объектах исследования после рубки

Номер объекта	Год рубки	Состав подроста	Численность подроста березы, экз./га	Структура подроста березы по высоте, %		
				Крупный	Средний	Мелкий
<i>Тверская область</i>						
1	2012	8Б2С+Ос	30750/ 1408*	27	34	39
2	2001	9Б1Е+Ос+С	14546	67	27	6
3	2000	7Б1Е2Ос+С	5766	28	64	8
4	2006	9Б1Ос+Д+Е+С	21134	59	32	9
5	2008	10Б+Ос+Е	15739	79	15	6
6	2010	9Ос1Б+Е+Кл	1267 / 426*	32	18	50
7	2010	9Б1Ос	5233	5	38	57
8	2003	8Б1Е1Ос+С	13530	68	21	11
<i>Ленинградская область</i>						
21	2006	5Б 2ЕЗС+Ос	9952	56	31	13
22	2005	5Б 2ЕЗС+Ос	8550	69	22	9
23	2011	6Б3Ос1Е+С	12116 / 1477*	26	63	11

*Подрост березы, учтенный при отводе лесосек.

Численность подроста зависит от давности рубки древостоев: с увеличением давности рубки количество подроста уменьшается. Структура подроста по высоте также определяется, в первую очередь, давностью рубки древостоя. На свежих вырубках, независимо от типа леса и состава древостоя до рубки, в большинстве случаев преобладает мелкий и средний подрост березы, на старых – крупный и средний (табл. 3).

Таблица 3

Распределение подроста березы (%) по видам и категориям состояния

Номер объекта	Вид	Встречаемость	Ж	НЖ	Сух	Поврежденный	Без поврежденный
<i>Тверская область</i>							
1	Б. пушистая	100	100	0	0	3	97
	Б. повислая	100	100	0	0	3	97
2	Б. пушистая	75	89	8	3	7	93
	Б. повислая	42	100	0	0	4	96
3	Б. пушистая	33	96	2	2	Нет свед.	Нет свед.
	Б. повислая	70	90	0	10	Нет свед.	Нет свед.
4	Б. пушистая	90	91	2	7	1	99
	Б. повислая	90	93	6	1	1	99
5	Б. повислая	91	100	0	0	1	99
	Б. пушистая	56	100	0	0	1	99
6	Б. пушистая	30	100	–	–	Нет свед.	Нет свед.
	Б. повислая	37	98	–	2	Нет свед.	Нет свед.
7	Б. повислая	33	100	–	–	2	98
	Б. пушистая	33	100	–	–	2	98
8	Б. повислая	97	89	9	2	Нет свед.	Нет свед.
	Б. пушистая	90	93	6	1	Нет свед.	Нет свед.
<i>Ленинградская область</i>							
21	Б. повислая	25	100	0	–	1	99
	Б. пушистая	75	100	–	–	1	99
22	Б. повислая	40	99	–	1	–	100
	Б. пушистая	60	100	–	–	1	99
23	Б. пушистая	85	100	–	–	2	98
	Б. повислая	65	100	–	–	1	99

Примечание. Ж – жизнеспособный, НЖ – нежизнеспособный, Сух – сухой подрост.

Структура подроста по высоте в определенной степени зависит и от наличия подроста предварительного возобновления, т. е. молодого поколения под пологом материнского древостоя. В целом численность такого подроста березы не превышает 1,5 тыс. экз./га (объекты 1, 6, 23), однако он влияет на структуру подроста по возрасту и высоте. В этих случаях, несмотря на давность рубки, доля крупного подроста больше, а средний возраст выше, чем на других вырубках.

Состав и численность подростка зависят также от типа леса и состава древостоя до рубки. Наибольшее количество подростка березы наблюдается на вырубках в условиях черничного типа леса. Установлено, что в большинстве случаев, чем больше доля березы в составе древостоев до рубки, тем выше численность подростка березы на вырубке.

Осина, по сравнению с березой, осваивает вырубки более активно. Присутствие осины в составе древостоя приводит к значительному ее участию в формировании подростка, особенно отчетливо это проявляется на объектах 6 и 23. До рубки древостоев осина имела в их составе лишь на 4 опытных участках: объекты 5, 6, 7 и 23. В составе подростка, сформировавшегося после рубки, осина присутствует на всех без исключения вырубках. Из этого следует, что возобновительный потенциал осины существенно выше, чем у березы.

Преобладание осины в составе древостоя мешает появлению подростка любых пород на вырубках (объекты 6 и 23). Осина на вырубках дает обильный подрост вегетативного происхождения – поросль от пня и корневые отпрыски. Это приводит к образованию плотного покрова из опавших листьев осины, который препятствует прорастанию семян и появлению всходов хвойных пород.

Представленность подростка березы по видам определяется долей березы пушистой и березы повислой в составе древостоя до рубки. На вырубках в большинстве случаев преобладает подрост березы пушистой. Соотношение этих видов меняется и в зависимости от типа леса. В составе подростка на вырубках в черничном типе леса преобладает береза пушистая, в кисличном и брусничном – повислая. Численность подростка березы пушистой на вырубках колеблется от 1,2 до 16,0 тыс. экз./га, повислой – от 1,8 до 17,8 тыс. экз./га.

Основная часть подростка березы относится к жизнеспособному (89...100 %), доля сухого подростка не превышает 7...10 %. В условиях черничного типа леса доля жизнеспособного подростка выше, доля сухого меньше, чем в условиях кисличного типа леса. Здесь выше и встречаемость подростка при его сопоставимой численности.

Поврежденный подросток представлен не на всех вырубках, его доля чаще всего составляет 1...2 % и только в отдельных случаях достигает 8...9 %. Основная часть поврежденного подростка – это крупный подрост. Во всех случаях характер повреждений одинаковый – погрызы лосем, обгрызенные вершины и ветви в верхней части кроны. На старых вырубках имеется подрост, поврежденный снегом.

Относительная полнота древостоев до рубки, как и его средний возраст, не оказывают заметного влияния на состав подростка, который появляется на вырубках. От указанных характеристик древостоя не зависят также численность подростка, его структура по высоте и состоянию.

Выводы

1. Естественное возобновление березы на вырубках в большинстве случаев идет успешно. Общее количество подростка березы в зависимости

от давности рубки составляет от 1,2 до 30,8 тыс. экз./га. Такое различие в численности подростка зависит не только от возраста вырубки, но и от типа леса. Наилучшие показатели подростка березы по встречаемости, численности и состоянию отмечены в условиях черничного типа леса.

2. Состав и численность подростка зависят и от состава древостоя до рубки. Чем больше доля березы в составе древостоев до рубки, тем выше численность подростка березы на вырубке. В тех случаях, когда в составе древостоя участвует осина, она в составе подростка может доминировать. Даже при отсутствии осины в составе древостоя в составе молодого поколения на вырубке она присутствует на всех опытных объектах.

3. Средний возраст и относительная полнота древостоев не оказывают существенного влияния на состав и численность подростка.

4. Представленность подростка березы по видам определяется долей березы пушистой и березы повислой в составе древостоя до рубки. На вырубках в большинстве случаев преобладает подрост березы пушистой.

5. Основная часть подростка относится к жизнеспособному (89...100 %), доля сухого подростка не превышает 7...10 %. Структура подростка березы по высоте зависит от давности рубки древостоя: чем больше возраст вырубки, тем больше доля крупного подростка и тем меньше доля мелкого. Поврежденный подрост представлен не на всех вырубках, его доля составляет 1...2 %, достигая в отдельных случаях 7 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березовые леса Беларуси: Типы, ассоциации, сезонное развитие и продуктивность / Под ред. Ю.Д. Юркевича. Минск: Наука и техника, 1992. 183 с.
2. Булыгин Н.Е. Дендрология. М.: Агропромиздат, 1985. 280 с.
3. Гаврилова О.И., Леонтьева Э.А. Об отношении средних высот культур сосны и примеси березы на вырубках Карелии // Ученые записки ПетрГУ. 2010. № 4 (117), июнь. С. 23–29.
4. Гриб В.М. Особенности строения корневых систем сосны обыкновенной и их влияние на качество лесовосстановления // Лесн. журн. 2015. № 2. С. 37–49. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Грязькин А.В. Возобновительный потенциал таежных лесов. (На примере ельников Северо-Запада России): моногр. СПб.: СПб ГЛТА, 2001. 188 с.
6. Зарубина Л.В., Коновалов В.Н. Эколого-физиологические особенности ели в березняках черничных. Архангельск: ИД САФУ, 2014. 378 с.
7. Павлюченков Н.А. Семенное возобновление березы на сплошных вырубках с предварительной химической подсушкой осины // Тр. СПб НИИСХ. 2009. Вып. 1 (18). С. 97–104.
8. Пат. 2084129 РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подростка / Грязькин А.В. № 94022328/13; Заяв. 10.06.94; Оpub. 20.07.97, Бюл. № 20.

9. Феклистов П.А., Амосова И.Б. Морфолого-физиологические и экологические особенности березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в таежной зоне. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 214 с.

10. Чупров Н.П. Березняки Европейского Севера России: моногр. Архангельск: СевНИИЛХ, 2008. 386 с.

Поступила 08.12.15

UDC 630*21

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.81

Features of Natural Birch Regeneration in Cutting

A.V. Gryaz'kin, Doctor of Biological Sciences, Professor

M.A. Novikova, Postgraduate Student

Ya.A. Novikov, Student

Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov, Institutskiy lane, 5, Saint Petersburg, 194021, Russian Federation; e-mail: lesovod@bk.ru; masch-novikova@yandex.ru, jaroslavnovikov@yandex.ru

Birch is one of the tree species-pioneers. This species is light-requiring, mesophyte and mesotrophe. Despite the considerable spread of birch forests, the features of development and functioning of these formations remain studied poorly. The natural regeneration of birch is one of these elements in studies of birch forests. Primarily it concerns white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) and silver birch (*Betula pendula* Roth.). The emergence of birch self-seeding in the cutting is quite active during the first 2...3 years after clear cutting of forest stands. The number of undergrowth mainly depends on the age of felling stands ("age" of deforestation): the amount of undergrowth decreases with the increase of the age of felling. The structure of undergrowth in height also changes: small and medium undergrowth dominate in the new cutting (2–3 years), large and medium – in the old cutting. The composition and abundance of undergrowth depend on the forest type and composition of the stand before cutting. The greatest number of birch undergrowth is observed in cutting in a blueberry forest type. The larger the share of birch in the stand before cutting, the higher the number of birch undergrowth in felling. The percentage of viable undergrowth is higher in the myrtillus type, the share of dead undergrowth is less than in the sorrel forest type. The occurrence of undergrowth is higher at its comparable number. Representation of birch undergrowth by types is determined by not only the share of white birch and silver birch in the stand composition before cutting. In most cases the undergrowth of white birch dominates in cutting, as the most stable to increased soil moisture after felling of a tree stand. The ratio of these species varies depending on the forest type. White birch dominates in the undergrowth in cutting in the myrtillus type, and silver birch – in the sorrel and vaccinium forest types. The number of white birch undergrowth in cutting of various ages ranges from 1.2...30.8 thousand specimens / ha.

Keywords: boreal forest, felling, natural regeneration, undergrowth, underbrush, field layer, silver birch, white birch.

REFERENCES

1. *Berezovye lesa Belarusi: tipy, assotsiatsii, sezonnoe razvitie i produktivnost'* [Birch Forests of Belarus: Types, Associations, Seasonal Development and Productivity]. Ed. by Yu.D. Yurkevich. Minsk, 1992. 183 p.
2. Bulygin N.E. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow, 1985. 280 p.
3. Gavrilova O.I., Leont'eva E.A. Ob otnoshenii srednikh vysot kul'tur sosny i prime-si berezy na vyrubkakh Karelii [On the Relation of the Average Height of Pine and Birch in the Fellings in Karelia]. *Uchenye zapiski PetrGU* [Proceedings of Petrozavodsk State University], 2010, no. 4(117), pp. 23–29.
4. Grib V.M. Osobennosti stroeniya kornevykh sistem sosny obyknovlennoy i ikh vliyanie na kachestvo lesovosstanovleniya [Features of the Structure of Scots Pine Root Systems and Their Impact on the Quality of Reforestation]. *Lesnoy zhurnal*, 2015, no. 2, pp. 37–49.
5. Gryaz'kin A.V. *Vozobnovitel'nyy potentsial taezhnykh lesov. (Na primere el'nikov Severo-Zapada Rossii): monogr* [The Renewing Potential of Boreal Forests. (The Case of Spruce Forests of the Northwest of Russia)]. St. Petersburg, 2001. 188 p.
6. Zarubina L.V., Konovalov V.N. *Ekologo-fiziologicheskie osobennosti eli v berez-nyakakh chernichnykh* [Ecological and Physiological Characteristics of Spruce in the Blue-berry Birch Forests]. Arkhangelsk, 2014. 378 p.
7. Pavlyuchenkov N.A. Semennoe vozobnovlenie berezy na sploshnykh vy-rubkakh s predvaritel'noy khimicheskoy podsushkoy osiny [Birch Seed Regeneration at Clean Fellings with Chemical Pre-Drying of Aspen]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Research Institute], 2009, vol. 1(18), pp. 97–104.
8. Gryaz'kin A.V. *Sposob ucheta podrosta* [The Method of Undergrowth Account-ing]. Patent RF, no. 2084129, 1994.
9. Feklistov P.A., Amosova I.B. *Morfologo-fiziologicheskie i ekologicheskie osoben-nosti berezy povisloy (Betula pendula Roth.) v taezhnoy zone* [Morphological and Physio-logical and Ecological Characteristics of Birch (*Betula pendula* Roth.) in the Taiga Zone]. Arkhangelsk, 2013. 214 p.
10. Chuprov N.P. *Bereznyaki Evropeyskogo Severa Rossii: monogr.* [Birch Forests of the European North of Russia]. Arkhangelsk, 2008. 386 p.

Received on December 08, 2015

УДК 630*174.754:630*416:630*443.3
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.89

ЖЕНСКАЯ РЕПРОДУКТИВНАЯ СФЕРА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОСЛАБЛЯЮЩИХ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В НАСАЖДЕНИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.А. Кистерный, канд. с.-х. наук, доц.

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, пр. Станке Димитрова, д. 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: kisterniy@mail.ru

Оценке состояния женской репродуктивной сферы сосны обыкновенной при действии ослабляющих лесопатологических факторов в современной научной литературе уделено мало внимания. На примере 7 пробных площадей со средними категориями санитарного состояния 1,7...2,7 в сосновых насаждениях Брянской области исследованы морфологические параметры, фертильный ярус и сохранность семязачатков макростробилов сосны обыкновенной на прогамном этапе репродукции при действии совокупности лесопатологических факторов. Наиболее весомая причина ослабления сосновых лесов – корневая губка. С 2011 г. в области получили распространение очаги рыжего соснового пилильщика. Интенсивность объедания крон деревьев на пробных площадях весной 2012 г. составляла 25...100 %, за исключением контроля. На примере деревьев второй и третьей категории санитарного состояния установлены пониженные показатели женской репродукции в ослабленных насаждениях сосны обыкновенной, находящихся в состоянии не критичного ослабления. Объем фертильного яруса макростробилов на пробных площадях изменялся в пределах 29,9...45,3 шт., общая сохранность семязачатков – 36,8...61,3 %. Отмечена положительная корреляция между сохранностью семязачатков в первый и второй вегетационные периоды. Наиболее низкие показатели репродукции зафиксированы в действующем очаге корневой губки в сочетании с частичной (до 50 %) дефолиацией крон деревьев. Повреждение растущих макростробилов рыжим сосновым пилильщиком находилось на незначительном уровне (1...2 %). Показатель санитарного состояния насаждений был использован для оценки качества женской репродукции сосны обыкновенной на том основании, что при сильной дефолиации крон модельных деревьев, выделяемых по наличию признаков ослабления, процессы формирования макростробилов и семязачатков ослабевают. Установлено проявление лишь слабых тенденций обратной связи между категориями санитарного состояния и показателями репродукции модельных деревьев пробных площадей. Несмотря на сниженные показатели сохранности семязачатков, лесопатологические факторы в изученных вариантах сочетания и интенсивности заметно не повлияли на процессы, протекающие в женской репродуктивной сфере сосны обыкновенной. В ослабленных насаждениях сосны сохраняются необходимые условия для дальнейшего развития репродуктивного процесса.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, насаждения, лесопатологические факторы, женская репродукция, фертильный ярус, сохранность семязачатков, изменчивость.

Введение

Влияние фитоценологических факторов на процессы женской репродукции сосны обыкновенной подробно освещено в научной литературе [6, 11, 12]. Генеративные органы сосны чувствительны к различным стрессовым воздействиям [2, 7–14]. Их рост и развитие в лесном фонде Брянской области в условиях проявления лесопатологических факторов различной интенсивности изучены недостаточно. Снижение прироста, нарушение половой репродукции, ухудшение санитарного и лесопатологического состояния сосновых насаждений возникают в развивающихся очагах болезней [1]. Подобные эффекты хорошо заметны на фоне действия филло- и ксилофагов, способных резко снизить жизнеспособность деревьев и их репродуктивные функции.

В сосновых насаждениях Брянской области обнаружены действующие очаги хвоегрызущих (5832,1 га) и стволовых (68,3 га) вредителей и широко распространены корневая и сосновая губки, смоляной рак на общей площади 16953,6 га. На долю корневой губки приходится 70,4 % территории от общего распространения очагов болезней в сосновых насаждениях. Здесь также с 2011 г. началось развитие и распространение очагов рыжего соснового пилильщика (5769,8 га) с преобладанием средней степени объедания – 41,5 %. На долю слабой и сильной степени пришлось 39,2 и 19,3 % соответственно [5].

Женская репродукция сосны обыкновенной характеризуется большой продолжительностью отдельных этапов развития семязачатков по сравнению с другими хвойными [2, 6, 13], поэтому любая нагрузка, оказываемая на развивающиеся генеративные органы сосны, в целом выше, чем для других хвойных лесобразующих пород области. Кроме того, из-за редкого проявления партеноспермии женская репродуктивная сфера сосны – удобный объект для оценки гаметофитной сохранности семязачатков, изменяющейся под воздействием различных факторов [6, 13, 15].

Объекты и методы исследований

Объекты исследования – 7 пробных площадей (ПП) в насаждениях сосны обыкновенной в очагах рыжего соснового пилильщика, смоляного рака и корневой губки. ПП заложены в Красногорском, Ревенском, Щегловском и Кокоревском участковых лесничествах Навлинского лесничества Брянской области и в Думиничском лесничестве Калужской области (контроль – без выраженных признаков лесопатологического ослабления) при нормальном радиационном фоне, составляющем 0,07...0,12 мкГр/ч (8...14 мкР/ч) в брусничном типе леса (тип лесорастительных условий – ТЛУ В₂), в насаждениях 50–75-летнего возраста с участием сосны в составе 7...10 ед., с полнотой 0,7...0,8 и бонитетом I^a-II.

При закладке ПП и оценке их санитарного состояния использованы общепринятые лесопатологические методы детального обследования [4]. Для оценки показателей женской репродуктивной сферы и ее изменчивости

спелые макростробилы отбирали до начала раскрытия из средней части кроны модельных деревьев второй и третьей категории состояния с южной стороны, измеряли их длину и диаметр с точностью до 0,1 см, используя штангенциркуль. Коэффициент формы определяли как отношение длины макростробила к его диаметру. Всего исследовали 8 показателей женской репродукции. Определение сохранности семязачатков осуществляли по известной методике [6]. Объем фертильного яруса определяли как исходное число семязачатков, потенциально способных дать семена [6].

Оценку уровней изменчивости исследуемых показателей репродукции проводили согласно рекомендациям С.А. Мамаева [3]. Обработку результатов исследований осуществляли общепринятыми методами биометрических расчетов и пакета прикладных программ в среде Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Объединение хвои рыжим сосновым пилильщиком наблюдалось на всех ПП, кроме контроля. Интенсивность объединения крон рыжим сосновым пилильщиком составляла от 25 до 100 %. ПП № 1, 2 – объединение с интенсивностью до 50 %, ПП № 4, 5 – до 75 %, ПП № 3 – до 100 % (по результатам обследования 2012 г.). На пробных площадях, кроме дефолиации крон, были установлены другие факторы, комплексно ослабляющие сосновые насаждения: смоляной рак, сосновая и корневая губка. Смоляной рак выявлялся чаще в виде язв в верхней, средней и подкроновой частях ствола: 3,1 % – ПП № 1; 13,2 % – ПП № 2 (очаг смоляного рака); 3,0 % – ПП № 4 (с рассеянным характером усыхания из-за воздействия корневой губки). Сосновая губка встречалась единично, как правило, на деревьях, пораженных смоляным раком. Плодовые тела располагались в нижней части ствола. В районе ПП № 6 (Щегловское участковое лесничество) был обнаружен действующий очаг корневой губки куртинного типа.

Распределение деревьев по категориям санитарного состояния носило отчетливый асимметричный характер. В насаждениях преобладали ослабленные деревья, за исключением ПП № 1, 7. На ПП № 3, 6 в большом количестве накопились деревья третьей категории состояния. Процесс усыхания отчетливо проявлялся на ПП № 6, ослабление – на ПП № 2–5. Средняя категория санитарного состояния (СКС) на ПП составила 1,73...2,70. После объединения рыжим сосновым пилильщиком в 2012 г. на объектах исследования в 2013 г. произошло частичное восстановление крон деревьев, и этот стрессовый фактор, вероятно, должен впоследствии отразиться на состоянии женской репродуктивной сферы сосны обыкновенной. Смоляной рак действует в течение длительного времени и не всегда приводит к обязательному усыханию. Ведущим фактором ослабления оказывается корневая губка в комплексе со стволовыми вредителями. Разнообразие факторов, действующих на процессы формирования семян, отражается на уровнях изменчивости сохранности семязачатков, делая их значительными при определенных условиях (см. таблицу).

Характеристика женской репродуктивной сферы ослабленных насаждений сосны обыкновенной

СКС и показатели репродукции	Номер III						
	1	2	3	4	5	6	7
СКС насаждений	2,05	2,41	2,53	2,70	2,20	2,48	1,73
Длина макростробила, см	3,7±0,08	4,0±0,11	3,8±0,11	4,0±0,10	4,3±0,12	3,6±0,13	5,1±0,08
С, %	13,0	15,4	16,1	13,6	15,1	17,3	9,7
Диаметр макростробила, см	1,9±0,04	2,0±0,04	1,9±0,04	2,0±0,04	2,1±0,06	1,8±0,05	2,4±0,03
С, %	11,3	11,9	12,9	9,9	16,2	12,2	7,8
Коэффициент формы макростробила	1,96±0,037	2,05±0,047	1,99±0,041	2,01±0,036	2,05±0,038	1,99±0,029	2,17±0,027
С, %	11,0	12,7	12,1	9,7	10,3	7,0	7,8
Фертильный ярус, шт.	31,4±0,93	34,1±,21	33,7±1,00	33,5±1,27	31,0±1,39	29,9±1,87	45,3±1,18
С, %	17,0	19,7	17,3	20,7	24,6	29,3	16,2
Стерильные чешуи апекса, шт.	2,1±0,15	2,3±0,15	2,2±0,12	2,2±0,16	2,7±0,20	2,5±0,29	2,5±0,19
С, %	40,3	40,5	30,9	40,3	41,4	53,5	46,9
Гаметофитная сохранность семязачатков, %:							
I вегетационного периода	66,8±1,74	72,1±1,73	74,3±1,65	81,9±1,74	70,2±2,09	64,7±2,11	79,7±1,61
С, %	15,0	13,3	13,0	11,6	16,3	15,3	12,6
II вегетационного периода	62,3±2,56	51,9±2,36	69,5±2,34	74,2±3,09	58,9±3,01	56,1±2,76	74,5±2,41
С, %	23,6	25,4	19,6	22,8	28,0	23,1	20,2
Общая сохранность	41,6±1,94	37,7±2,18	52,2±2,44	61,3±3,14	42,1±2,79	36,8±2,54	59,8±2,41
С, %	23,8	32,2	27,3	28,0	36,2	32,4	25,1

Примечание. С – коэффициент изменчивости.

Репродуктивная способность изученных насаждений сосны при различных сочетаниях установленных лесопатологических факторов находится на невысоком уровне из-за интенсивной элиминации семязачатков в процессе формирования нового урожая семян в 2012 г. Отчетливее всего снижение репродукции по всем показателям проявилось на ПП № 6 – в действующем очаге корневой губки.

Изменчивость показателей репродукции, оцененная коэффициентами вариации, для диаметра макростробилов (ПП № 7) и коэффициента формы (ПП № 6, 7) оставалась на низком уровне (7...8 %). Большая часть показателей репродукции достигала средних и высоких уровней изменчивости. Рассмотренные комбинации лесопатологических факторов и их интенсивности, отражающиеся на жизненности модельных деревьев, выразились в различиях между уровнями изменчивости исследованных показателей.

Как длина, так и диаметр зрелых макростробилов ПП заметно не отличаются, за исключением ПП №7 (контроль), где макростробилы более крупные (для длины $t_{\text{фак}} = 5,55 \dots 9,83$ и для диаметра $t_{\text{фак}} = 4,47 \dots 10,29$ при $t_{\text{ст}} = 2,00$ для 95 %-го уровня значимости) при более низких показателях варьирования, чем на других ПП.

Объем фертильного яруса изученных образцов на ПП № 7 больше в 1,3–1,5 раза, чем на ПП №1–6. Отмечены положительные связи между размерами макростробилов (между длиной и диаметром) и объемом фертильного яруса (при анализе средних значений выборочных совокупностей коэффициент корреляции $r = 0,88 \dots 0,99$ ($t_{\text{фак}} = 4,10 \dots 21,55$ при $t_{\text{ст}} = 2,57$ для 95 %-го уровня значимости)) и хорошо подтверждаются регрессионными моделями для ряда отдельных совокупностей, например для ПП №4 (рис. 1).

Сохранность женских гаметофитов сосны рекомендуется связывать с условиями опыления. Рыжий сосновый пилильщик, питающийся прошлогодней хвоей, прямо не влияет на продукцию пыльцы сосны обыкновенной, так как она формируется в микростробилах растущих почек у основания сложных побегов текущего года и вылетает, как правило, к концу второй декады мая. Поэтому качество опыления семязачатков и дальнейшие процессы их развития зависят от повреждающего действия пилильщика лишь косвенно, через снижение жизненности материнских деревьев, продуцирующих пыльцу, после неоднократного объедания или действия других ослабляющих факторов.

Гаметофитная сохранность семязачатков первого вегетационного периода снижается из-за их частичной элиминации на уровне 18,1...35,3, второго – 25,5...48,1, общей сохранности – 38,7...63,2 %. Таким образом, видны существенные потери женских репродуктивных структур в 2012 г. на фоне низкой урожайности материнских деревьев. Сказываются последствия засушливых летних месяцев 2010 г., совпавших со сроками закладки примордиев макростробилов.

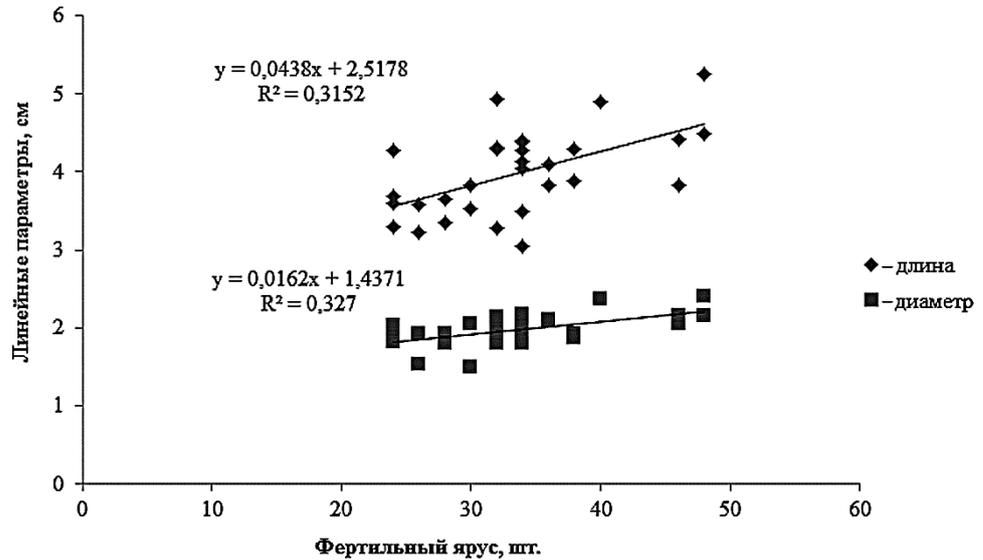


Рис. 1. Зависимость длины (верхний график) и диаметра (нижний график) макростробилов от размеров фертильного яруса макростробилов на ПП № 4

Теснота линейной связи между показателями сохранности семязачатков подтверждается высокими значениями коэффициентов корреляции $r = 0,79...0,97$ при $t_{\text{факт}} = 2,88...8,47$ и $t_{\text{ст}} = 2,57$ для 95 %-го уровня значимости (по данным анализа средних значений выборочных совокупностей).

При сравнении женской репродукции между ПП часто наблюдается, что более высоким показателям сохранности семязачатков в первой вегетации соответствуют и более высокие во второй (рис. 2).

Линейные связи между показателями гаметофитной сохранности и морфометрическими параметрами макростробилов не выражены при сохранении положительных тенденций ($r = 0,46...0,66$ при $t_{\text{факт}} = 1,16...1,95$ и $t_{\text{ст}} = 2,57$).

Потери второго вегетационного периода определяются гибелью аномальных семязачатков, а также несовместимостью тканей мужского и женского гаметофитов при прорастании пыльцы, попавшей на нуцеллюс. Последнее генетически обусловлено и чаще всего встречается при самоопылении. В апикальной части шишек всегда происходит исключение некоторого количества семязачатков из репродуктивного процесса. Как правило, их количество невелико.

В исследованных образцах встречались зрелые макростробилы с поврежденными рыжим сосновым пилильщиком чешуями – 1...2 % выборки. Поврежденные макростробилы искривлены, в них наблюдалась пустосемянность на уровне 70...82 %, иногда – до 100 %. В зоне искривления находилось, как правило, от 1 до 3 стерильных семенных чешуек, при сильной деформации – больше. Повреждения чаще носили поверхностный характер и располагались в средней части макростробилов.

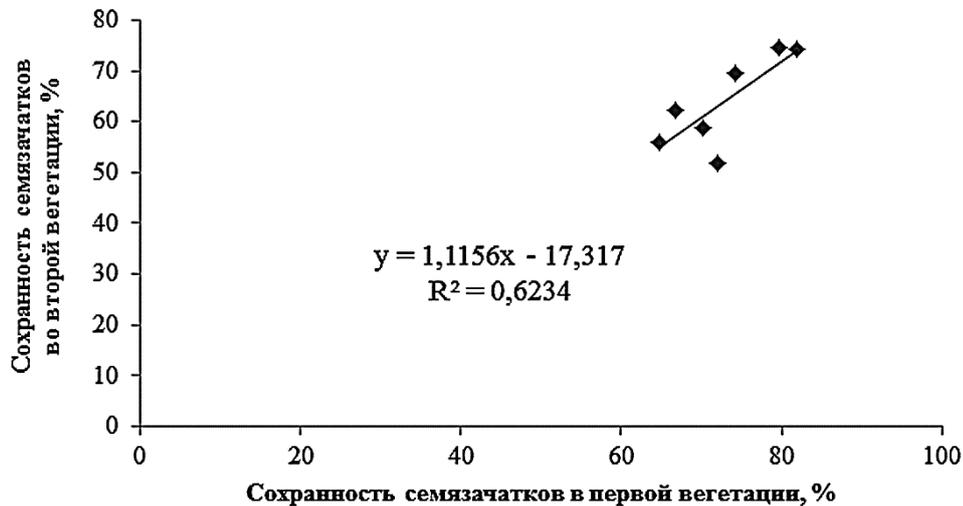


Рис. 2. Зависимость сохранности семязачтков сосны обыкновенной между двумя вегетационными периодами на ПП № 1–7

Зависимость некоторых показателей женской репродукции от СКС сосны на ПП анализировали с использованием корреляционного анализа. Коэффициенты парной корреляции между СКС и длиной, диаметром, коэффициентом формы, числом макростробилов, показателями сохранности семязачтков не достоверны ($r = -0,70 \dots 0,02$ и $t_{\text{факт}} = 0,05 \dots 2,21$ при $t_{\text{ст}} = 2,57$ для 95 %-го уровня значимости). Во всех случаях, кроме пары «СКС и сохранность семязачтков первого вегетационного периода», проявляются только тенденции обратной связи уменьшения показателей женской репродукции при ослаблении сосновых насаждений и снижении их жизненности.

Использование СКС сосновых насаждений для оценки качества половой репродукции, на наш взгляд, правомерно лишь отчасти, поскольку, не смотря на то, что СКС – это обобщенный показатель, методика его оценки по состоянию кроны не всегда отражает специфику ослабления деревьев и нужны дополнительные критерии для более точной интегральной характеристики их состояния.

Заключение

Исследованные насаждения сосны ослаблены при действии различных лесопатологических факторов, ведущие из которых – корневая губка и полное или частичное объедание крон рыжим сосновым пилильщиком в 2012 г. Женская репродуктивная сфера ослабленных насаждений характеризуется повышенной элиминацией семязачтков на прогамном этапе репродукции. Общая гаметофитная сохранность семязачтков на пробных площадях не превышает 61,3 %.

Наиболее сильным фактором ослабления репродуктивной сферы сосны обыкновенной выступает корневая губка, приводящая к быстрому снижению жизненности деревьев в действующих очагах в сочетании с другими лесопатологическими факторами. Повреждение крон рыжим сосновым пилильщиком носит большей частью вторичный характер, так как связано с уничтожением прошлогодней хвои. Ее объедание (до 50...75 %) способно несколько стимулировать рост макростробилов (ПП № 2–5).

Показатели репродукции насаждений сосны не имеют достоверной корреляционной связи со средней категорией санитарного состояния пробных площадей в условиях эксперимента.

Сохранность семязачатков на всех пробных площадях снижена, но достаточна для успешного естественного возобновления сосны обыкновенной. Повреждение выборок макростробилов насекомыми в исследованных насаждениях следует признать незначительным и, соответственно, слабо влияющим на дальнейшие процессы, протекающие в женской репродуктивной сфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бажина Е.В., Амиев П.И. Морфология побегов и особенности семенной продуктивности макростробилов деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), пораженных биаторелловым раком // Хвойные бореальной зоны. 2006. № 2. С. 196–202.
2. Кистерный Г.А., Паничева Д.М. О частичной женской стерильности сосны обыкновенной в районе распространения фтористых промышленных выбросов // Леса Евразии – Северный Кавказ: материалы VIII Междунар. конф. молодых ученых. М.: МГУЛ, 2008. С. 150–151.
3. Мамаев С.А. О закономерностях внутривидовой изменчивости древесных растений // Теоретические основы внутривидовой изменчивости и структуры популяций хвойных пород. Свердловск: Ур НЦ АН СССР, 1974. С. 3–12.
4. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
5. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов за 2012 г. и прогноз лесопатологической ситуации на 2013 г. / Отдел защиты леса и лесопатологического мониторинга Центра защиты леса Калужской области – филиала ФБУ «Российский центр защиты леса». Брянск, 2012. 165 с.
6. Романовский М.Г. Гаметофитная смертность семян сосны обыкновенной // Генетика. 1989. Т. 25, №1. С. 99–107.
7. Тренин В.И. Особенности репродукции видов семейства *Pinaceae* в условиях северо-запада таежной зоны России (на примере Карелии): автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2010. 31 с.
8. Федорков А.Л. Изменчивость адаптивных признаков хвойных в условиях стресса на севере Европы: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2011. 32 с.
9. Chung M.S. Flowering characteristics of *Pinus sylvestris* L. with special emphasis on the reproductive adaptation to local temperature factor // Acta For. Fenn. 1981. N 169. 69 p.
10. Fedorcov A. Climatic adaptation of seed maturity in Scots pine and Norway spruce populations // Silva Fennica. 2001. Vol. 35, N 1. P. 119–123.

11. *Harju A.M., Karkkainen K., Routsalainen S.* Phenotypic and genetic variation in the seed maturation of Scots pine // *Silvae Genet.* 1996. Vol. 45. P. 205–211.
12. *Sahlen K.* Effects of artificial environmental conditions on anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds // *New For.* 1995. N 9. P. 205–225.
13. *Sarvas R.* Investigation on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris* // *Commun. Inst. For. Fenn.* 1962. Vol. 53, N 4. P. 1–198.
14. *Sarvas R.* The annual period of development of forest trees // *Proc. of Finnish Acad. of Sci. and Letters.* Helsinki, 1967. P. 211–231.
15. *Smith D., Krikorian A.D.* Low external pH replaces 2,4 D in maintaining and multiplying 2,4 D-initiated embryogenic cells of carrot // *Physiol. Plant.* 1990. N 80. P. 329–336.

Поступила 16.06.15

UDC 630*174.754:630*416:630*443.3
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.89

Female Reproductive Structure of Scots Pine Under the Influence of Degradation Forest Pathology Factors in the Plantations of the Bryansk Region

G.A. Kisternyy, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Bryansk State Engineering Technological Academy, Stanke Dimitrov ave., 3, Bryansk, 241037, Russian Federation; e-mail: kisterniy@mail.ru

The modern scientific literature gives little attention to the assessment of the female reproductive structure of Scots pine under the influence of degradation forest pathology factors. Morphological parameters, a fertile tier and a safety of Scots pine macro strobili ovules at the program stage of reproduction under the action of the combination of forest pathology factors by the example of 7 sample plots with the average categories of sanitary state equal to 1.7...2.7 in the pine plantations of the Bryansk region are investigated. The most important reason of degradation of pine forests is root fungus. Since 2011 the fox-coloured sawfly centers have been extended on the territory of the Bryansk region. The intensity of tree crown browsing on the sample plots in spring of 2012 was 25...100 % excepting of control. By the example of trees of the second and third categories of sanitary state the lowered rates of female reproduction in the degraded plantations of Scots pine being in the state of uncritical degradation are stated. The volume of a macro strobili fertile tier in the sample plots varied in the range from 29.9...45.3 pcs, and the total safety of ovules – from 36.8...61.3 %. A positive correlation of the safety of ovules in the first and second growing seasons was observed. The lowest reproduction parameters were marked in the current root fungus center combined with partial (up to 50 %) defoliation of tree crowns. Damage of the growing macro strobili by the fox-coloured sawfly was on the insignificant level (1...2 %). The indicator of plantation sanitary state was used to assess the quality of female reproduction of Scots pine as the processes of macro strobili and ovules formation weaken in case of strong defoliation of model trees crowns, allocated by the features of weakening. Only the weak tendencies of feedback between the categories of sanitary state and reproduction of model trees in the sample plots were stated. Despite the decline in the safety of ovules, forest pathology factors in the studied variants of combination and intensity have not affected appreciably on the processes occurring in the female reproductive structure of Scots pine.

The necessary prerequisites for the further development of the reproductive process are retained in the weakened plantations of Scots pine.

Keywords: Scots Pine, plantation, forest pathology factor, female reproduction, fertility tier, safety of ovules, variability.

REFERENCES

1. Bazhina E.V., Amiev P.I. Morfologiya pobegov i osobennosti semennoy produktivnosti makrostrobilov derev'ev sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.), porazhennykh biatorell'nykh rakom [The Morphology of Shoots and Peculiarities of Seed Productivity of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Trees Macro Strobili, Affected by Biatorella Cancer]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the Boreal Area], 2006, no. 2, pp. 196–202.
2. Kisternyy G.A., Panicheva D.M. O chastichnoy zhenskoy steril'nosti sosny obyknovennoy v rayone rasprostraneniya ftoristykh promyshlennykh vybrosov [On the Partial Female Sterility of Scots Pine in the Area of Fluoride Industrial Emissions]. *Lesa Evrazii – Severnyy Kavkaz: materialy VIII Mezhdunar. konf. molodykh uchenykh* [Forests of Eurasia – North Caucasus: Proc. VIII Int. Conf. Young Scientists]. Moscow, 2008, pp. 150–151.
3. Mamaev S.A. O zakonomernostyakh vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rassteny [On the Patterns of the Intraspecific Variability of Woody Plants]. *Teoreticheskie osnovy vnutrividovoy izmenchivosti i struktury populyatsiy khvoynykh porod* [Theoretical Bases of Intraspecific Variability and the Structure of Softwood Populations]. Sverdlovsk, 1974, pp. 3–12.
4. Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S. *Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovykh vrediteley i bolezney lesa* [Methods of Forest Pathology Examinations of the Secondary Insects Centers and Forest Diseases]. Moscow, 1984. 152 p.
5. *Obzor sanitarnogo i lesopatologicheskogo sostoyaniya lesov za 2012 g. i prognoz lesopatologicheskoy situatsii na 2013 g.* [Review of the Sanitary and Forests Pathology Condition in 2012 and the Forecast of the Forest Pathology Situation for 2013]. Ed. by the Department of Forest Protection and Forest Pathology Monitoring of the Branch of “Russian Forest Protection Center”, “Forest Protection Center of Kaluga Region”. Bryansk, 2012. 165 p.
6. Romanovskiy M.G. Gametofitnaya smertnost' semyapochek sosny obyknovennoy [Gametophyte Mortality of Scots Pine Ovules]. *Genetika* [Russian Journal of Genetics], 1989, vol. 25, no. 1, pp. 99–107.
7. Trenin V.I. *Osobennosti reproduksii vidov semeystva Pinaceae v usloviyakh severo-zapada taezhnoy zony Rossii (na primere Karelii): avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk* [Peculiarities of Reproduction of *Pinaceae* Family Species in the Conditions of the North-West Taiga Zone of Russia (the Case of Karelia): Dr. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Petrozavodsk, 2010. 31 p.
8. Fedorkov A.L. *Izmenchivost' adaptivnykh priznakov khvoynykh v usloviyakh stressa na severe Evropy: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk* [Variability of the Adaptive Traits of Conifers Under Stress Conditions in the North of Europe: Dr. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Moscow, 2011. 32 p.

9. Chung M.S. Flowering Characteristics of *Pinus Sylvestris* L. with Special Emphasis on the Reproductive Adaptation to Local Temperature Factor. *Acta Forestalia Fennica*, 1981, no. 169. 69 p.

10. Fedorkov A. Climatic Adaptation of Seed Maturity in Scots Pine and Norway Spruce Populations. *Silva Fennica*, 2001, vol. 35, no 1, pp. 119–123.

11. Harju A.M., Karkkainen K., Routsalainen S. Phenotypic and Genetic Variation in the Seed Maturity of Scots Pine. *Silvae Genet.*, 1996, vol. 45, pp. 205–211.

12. Sahlen K. Effects of Artificial Conditions on Anatomical and Physiological Ripening of *Pinus sylvestris* L. Seeds. *New Forests*, 1995, no. 9 pp. 205–224.

13. Sarvas R. Investigations on the Flowering and Seed Crop of *Pinus sylvestris*. *Common. Inst. For. Fenn.*, 1962, vol. 53, no. 4. pp. 1–198.

14. Sarvas R. The Annual Period of Development of Forest Trees. *Proc. Finn. Acad. of Sci. and Letters.*, 1967, pp. 211–231.

15. Smith D.L., Krikorian A.D. Low External pH Replaces 2,4-D in Maintaining and Multiplying 2,4-D-Initiated Embryogenic Cells of Carrot. *Physiol. Plant.*, 1990, no. 80, pp. 329–336.

Received on June 16, 2015

УДК 630*17:581.9/2.635.12
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.100

ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ С УЧАСТИЕМ ИЛЬМА В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.П. Добрынин¹, д-р биол. наук, проф.

И.В. Евдокимов², канд. с.-х. наук, доц.

¹Череповецкий государственный университет, ул. Луначарского, д. 5, г. Череповец, Вологодская обл., Россия, 162600; e-mail: apdobrtnin@mail.ru

²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия, ул. Мира, д. 8, с. Молочное, г. Вологда, Вологодская обл., Россия, 160555; e-mail: igorevd1@rambler.ru

В пределах Вологодской области естественно произрастают два вида ильма (вяза): ильм гладкий (*Ulmus laevis* Pall.) и ильм горный или вяз шершавый (*U. glabra* Huns.), образующие также некоторые гибридные формы. По территории области проходит северная граница распространения обоих видов в направлении Петрозаводск–Вологда–Киров–Екатеринбург. Встречаются оба вида фрагментарно в поймах рек Шексна, Молога, Суда, Чагодоша, Сухона, Вологда, Лежа и др. Площадь ильмовых лесов обширна, некоторые их участки, встречающиеся в виде небольших массивов, фрагментов и локусов, не отражены документально. Средний возраст насаждений – 100 лет, средний бонитет – IV, средний запас – 105 м³/га, полнота – 0,60, средний годовой прирост – 1,4 м³/га. Исследования, проведенные нами в четырех лесных массивах с преобладанием (или значительной долей участия) ильма на территории Вологодской области, позволили выявить видовой состав растений, структуру древостоев, таксационные показатели, основные типы леса, особенности лесовозобновительного процесса и смены пород. Травяной покров образован пойменным высокотравьем, подлесок – пойменными видами кустарников. В составе древостоев вместе с ильмом обычно принимают участие ольха, черемуха, береза и др. породы. Естественное возобновление ильма затруднено периодическими весенними подтоплениями пойменных территорий. Состав подроста свидетельствует о вытеснении ильма ольхой серой и черной. Иногда подрост полностью отсутствует, что говорит о том, что в перспективе массивы ильма на территории области могут быть утрачены.

Ключевые слова: пойменные растительные сообщества, ильмовые леса, видовой состав, типы леса, ассоциации, таксационные показатели, лесовозобновление

Род ильм (вяз) объединяет от 20 до 40 [8, 11, 18] видов, распространенных в умеренной, реже субтропической зонах, как исключение – в горных лесах тропических широт. Систематика и номенклатура рода насыщена множеством видовых синонимов, в связи с чем здесь принята номенклатура в соответствии с точкой зрения С.К. Черепанова [15], который считает, что на территории России встречается 8 видов ильма: *Ulmus androssowii* Litv., *U. carpinifolia* Rupp. ex Suckow, *U. glabra* Huds., *U. japonica* (Rehd.) Sarg., *U. laciniata* (Trautv.) Mayr, *U. laevis* Pall., *U. macrocarpa* Hance и *U. pumila* L.

В пределах Вологодской области в естественных условиях произрастают два из них: *Ulmus laevis* (ильм гладкий) и *U. glabra* (ильм шершавый), северная граница распространения которых проходит по линии Петрозаводск–Вологда–Киров–Екатеринбург [4]. По официальным документам площадь ильмовых лесов области невелика и составляет всего около 0,1 тыс. км² с запасом древесины 0,01 млн м³ [7]. Ареал видов не является сплошным, дизъюнктивно проявляя себя в виде небольших по площади массивов, фрагментов, локусов и даже отдельных деревьев в поймах больших и малых рек. Часто ильм произрастает вместе с другими видами пойменного интразонального комплекса растительности: ольхой, черемухой, ивой. Как показали наши исследования, ильм гладкий обычно занимает притеррасные местообитания по бортам речных долин, в то время как ильм шершавый предпочитает прирусловые участки пойм.

Оба упомянутых вида представляют собой деревья высотой до 30 м с толстой длиноволокнистой корой. Ильм шершавый отличается от гладкого грубой шероховатостью листьев. Встречаются трудно определяемые экземпляры деревьев, очевидно, гибридные формы этих двух видов. Плодоносить начинают с 10...15 лет, в насаждении с 30...40 лет. Урожаи семян повторяются через 2...3 года. Древесина ильмов тяжелая, с красивой текстурой, ценная. Используется в столярном и мебельном производстве. При рубках ильм образует многочисленную поросль, формирующую с возрастом трудно преодолеваемую преграду. Продолжительность жизни 400...500 лет. Их широко используют в озеленении [4].

Поскольку ильм в качестве местообитаний выбирает экологически неоднородные участки речных долин, в составе растительных сообществ наблюдаются существенные флористические различия, определяющиеся соотношением мезофильных и гигрофильных видов.

Особенности биологии ильмовых лесов, в том числе вблизи северной границы их распространения, раскрыты в целом ряде специальных исследований [2, 3, 5, 14], основное внимание при этом уделялось выявлению причин пойменного характера ильмовых лесов на территории северо-запада России, их типологии и характеру лесовозобновления.

В 2012–2014 гг. на территории Вологодской области нами были проведены геоботанические и лесоводственные исследования в четырех массивах пойменных ильмовых лесов. Объектами исследований служили участки пойменных лесов с преобладанием ильма в границах заказников «Ванская Лука» (ВЛ) – Устюженский район (58°54′ с.ш., 36°50′ в.д.); «Вязы» (В) – Тотемский район (59°32′ с.ш., 42°27′ в.д.); памятника природы «Вязовый лес «Темный мыс» (УВ) – Вологодский район (59°19′ с.ш., 40°11′ в.д.); вблизи устья р. Нижняя Печеньга (НП) – Тотемский район (60°05′ с.ш., 43°30′ в.д.).

При проведении таксационных исследований были использованы общепринятые методы сплошной перечислительной таксации и таксации методом угловых проб (метод Биттерлиха) [1, 16]. Процесс лесовозобновления

изучали с помощью метода В.Ф. Рылкова [9], т. е. путем закладки серии круговых пробных площадей радиуса 2,53 м (20 м²). Расчетную часть осуществляли с использованием различных лесотаксационных справочников [12, 13]. Для определения растений использовали определитель В.Э. Скворцова [10]. При обработке геоботанического материала применяли некоторые приемы (шкала оценки проективного покрытия, расчет значений CD (Constancy Degree) и NCD (Net Contribution Degree) и др.), принятые в геоботанической флористической системе Й. Браун-Бланке [17, 18].

В процессе исследований проведено 40 геоботанических описаний с одновременной таксацией и закладкой площадей для учета естественного возобновления под пологом леса. В результате проведенных работ было установлено, что массивы леса с преобладанием ильма формируются в области исключительно в условиях намывного режима увлажнения, характерного для пойм, или по бортам речных долин. Подобные массивы ильмовых лесов, как и пойменные дубовые леса [6], являются рефугиумами неморальной флоры, сохранившимися благодаря близости водных пространств, обеспечивающих минимум микроклиматических условий, в частности – минимальную для ильмов продолжительность вегетационного периода. В рамках 40 геоботанических описаний отмечено 105 видов растений, среди которых преобладают виды пойменного комплекса растительности: *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Anthriscus sylvestris*, *Calamagrostis arundinacea*, *Filipendula ulmaria*, *Galium palustre*, *Humulus lupulus*, *Lysimachia nummularia*, *Padus racemosa*, *Ribes nigrum*, *Thalictrum simplex*, *Urtica dioica*. Встречаются и представители неморального комплекса: *Acer platanoides*, *Asarum europaeum*, *Convallaria majalis*, *Daphne mezereum*, *Dryopteris filix-mas*, *Paris quadrifolia*, *Pteridium aquilinum*, *Quercus robur*.

Без специальных исследований сложно предположить, какого ранга, с точки зрения синтаксономии, заслуживают пойменные леса Вологодской области. Возможные варианты: классы – Alnetea, Ulmetea, Salicetea; порядки – Alnetalia, Ulmetalia, Salicetalia. В то же время по признаку преобладающей породы возможно выделение ильмовников как формации – Ulmetea, в пределах которой по признакам доминанта и видового состава явно проявляются два типа ильмовых лесов (с точки зрения синтаксономии – два союза): ильмовники купыревые на притеррасных участках с доминированием ильма гладкого (*Anthriscus sylvestris* – Ulmetion laevitis) и ильмовники крапивные пойменные с доминированием ильма шершавого (*Urtica dioica* – Ulmetion glabrae). Первый включает ассоциации *Dactyli glomeratae* – Ulmetum laevitis (ильмовники с ежой сборной) и *Thalictrum simplicis* – Ulmetum laevitis (ильмовники василистниковые). Второй может быть подразделен на ассоциации *Lysimachio nummulariae* – Ulmetum glabrae (ильмовники вербейниковые) и *Ribeto nigri* – Ulmetum glabrae (ильмовники смородиновые). В табл. 1 приведены выделенные синтаксономические и лесотипологические единицы и диагностирующие их виды.

Окончание табл. 1

Название растений	Порядковый номер описания																			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ильмовник смородиновый – Ribes nigr – Ulmetum, glabre	2	3	4	0	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Ranunculus repens</i>
<i>Galium palustre</i>
<i>Alnus glutinosa</i>
<i>Ribes nigrum</i>
<i>Carex caespitosa</i>
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>
<i>Impatiens noli-tangere</i>
<i>Viburnum opulus</i>
<i>Myosotis palustris</i>

Примечания. 1. Здесь и далее, в табл. 2, индексы проективного покрытия, принятые в геоботанической системе Й. Браун-Бланке: г – единичные экземпляры; + – проективное покрытие вида составляет до 1%, 1 – 1...5 %, 2 – 6...25; 3 – 26...50; 4 – 51...75; 5 – 76...100 %. 2. Названия ассоциаций приведены в соответствии с кодексом фитоценологической номенклатуры (в системе Й. Браун-Бланке). 3. Там, где стоят знаки вопросов, требуются дополнительные исследования.

Основанием для подобного выделения являются материалы табл. 2, содержащие значения показателей CD, отражающего встречаемость, и NCD, отражающего одновременно встречаемость и проективное покрытие видов.

Поскольку ильмовые леса на суходольных участках вкрапляются или соседствуют с луговыми пространствами, в составе ильмовников часто встречаются *Achillea millefolium*, *Crepis tectorum*, *Dactylis glomerata*, *Elytrigia repens*, *Galium verum*, *Poa pratensis*, *Tanacetum vulgare* – типичные луговые растения.

Таксационные показатели лесных массивов с преобладанием ильма представлены в табл. 3. Отметим, что в ряде случаев (описания № 1, 2, 8, 9) по фитомассе преобладает ольха, но поскольку доля участия ильма в составе древостоев значительна, было решено не исключать эти описания из состава табличных данных. Эти данные показывают, что преобладают ильмовники III-IV классов бонитета высотой от 16 до 22 м, диаметром 24...44 см. Относительная полнота колеблется от 0,16 (изреженные группы ильма на лугах и пастбищах) до 1,27 (загущенные древостои пойменных сообществ). Запасы стволовой древесины составляют 48...340 м³/га. Древостои одноярусные, чаще смешанные с участием дуба, ольхи, березы, черемухи. Зафиксированы два типа: ильмовник купыревый притеррасный и ильмовник крапивный пойменный. В составе древостоев довольно много (до 40 %) загнивших деревьев, несущих следы повреждений, морозобоин, суховершинности и др.

Таблица 3

Таксационная характеристика лесных массивов с участием представителей рода *Ulmus*

Индекс и номер описания	Возраст, лет и бонитет	Средняя высота, м (общая и по ильму)	Средний диаметр, см (общий и по ильму)	Средняя объем ствола, м ³ (общий и по ильму)	Полнота и тип леса	Запас древесины, м ³ /га (общий и по ильму)	Состав древостоя	Количество деревьев на 1 га, шт. (общее и по ильму)
НП-1(1)	60(III)	16(16)	25(40)	0,28(0,92)	0,54(Олл.п.)	101(22)	7,0Олл2,2Илл0,8Ос	357(24)
В-1(2)	50(II)	15(15)	16(22)	0,13(0,28)	0,48(Олл.п.)	83(15)	6,5Олл1,8Илл1,7Ив	635(53)
В-2(3)	160(IV)	20(20)	60(60)	2,37(2,37)	0,16(Илл.п.)	38(38)	10,0Илл	16(16)
В-3(4)	160(IV)	20(20)	56(56)	2,07(2,07)	0,18(Илл.п.)	43(38)	10,0Илл	21(21)
ВЛ-1(5)	70(III)	16(16)	36(36)	0,76(0,76)	0,61(Илл.п.)	111(59)	5,3Илл4,7Д	147(78)
ВЛ-2(6)	80(III)	18(18)	40(40)	0,99(0,99)	0,38(Илл.п.)	78(70)	9,0Илл1,0Д	79(71)
ВЛ-3(7)	80(III)	18(18)	40(40)	0,98(0,98)	0,80(Илл.п.)	163(93)	5,7Илл4,3Д	166(95)
ВЛ-4(8)	100(IV)	17(17)	40(44)	1,01(1,15)	0,71(Илл.п.)	137(45)	3,3Илл3,3Д2,950,5Ол	135(39)
ВЛ-5(9)	100(IV)	20(20)	40(44)	1,18(1,27)	0,55(Илл.п.)	168(109)	6,5Илл3,0Д0,5Ол	142(86)
ВЛ-6(10)	90(III)	19(19)	36(40)	0,92(1,01)	0,51(Илл.п.)	120(72)	6,0Илл3,3Д0,7Ол	130(71)
ВЛ-7(11)	90(III)	19(19)	36(40)	0,93(1,01)	0,51(Илл.п.)	112(72)	6,4Илл2,9Д0,7Ол	120(71)
ВЛ-8(12)	40(III)	12(17)	12(64)	0,07(2,33)	0,60(Олл.п.)	75(7)	7,5Олл1,6Ч0,9Илл	1053(3)
ВЛ-9(13)	40(III)	12(18)	16(36)	0,13(0,96)	0,65(Олл.п.)	83(23)	6,1Олл2,8Илл1,1Ч	661(29)
ВЛ-10(14)	100(III)	20(20)	36(36)	1,02(1,02)	0,64(Илл.п.)	188(188)	10,0Илл	175(175)
ВЛ-11(15)	100(III)	20(20)	26(26)	0,60(0,60)	0,92(Илл.п.)	268(268)	10,0Илл	450(450)
ВЛ-12(16)	110(III)	22(22)	36(36)	0,94(0,94)	0,23(Илл.п.)	65(65)	10,0Илл	69(69)
ВЛ-13(17)	90(III)	22(22)	28(28)	0,56(0,58)	0,63(Илл.п.)	176(176)	10,0Илл	306(306)
ВЛ-14(18)	100(III)	22(22)	32(32)	0,73(0,73)	0,30(Илл.п.)	83(83)	10,0Илл	113(113)
ВЛ-15(19)	130(III)	22(22)	40(40)	1,18(1,18)	0,40(Илл.п.)	112(102)	9,1Илл0,9Д	95(87)
ВЛ-16(20)	140(III)	23(23)	44(44)	1,45(1,45)	0,16(Илл.п.)	48(48)	10,0Илл	33(33)
ВЛ-17(21)	140(IV)	22(22)	44(44)	1,42(1,42)	0,93(Илл.п.)	261(203)	7,8Илл2,2Д	184(145)
УВ-1(22)	100(III)	22(22)	44(36)	1,36(1,43)	0,79(Илл.п.)	225(208)	9,2Илл0,8Олл	165(145)
УВ-2(23)	100(III)	22(22)	36(24)	0,83(0,92)	0,79(Илл.п.)	217(198)	9,1Илл0,9Олл	260(216)
УВ-3(24)	100(III)	22(22)	44(24)	0,45(1,40)	1,27(Илл.п.)	340(213)	6,3Илл3,6Олл0,1Ч	752(152)
УВ-4(25)	100(III)	22(22)	44(24)	0,96(1,40)	1,05(Илл.п.)	292(240)	8,2Илл,8Олл	478(171)
УВ-5(26)	100(III)	22(22)	52(24)	1,08(1,95)	0,92(Илл.п.)	255(203)	8,0Илл2,0Олл	237(104)
УВ-6(27)	100(III)	22(22)	52(24)	0,85(1,97)	1,08(Илл.п.)	294(199)	6,8Илл3,2Олл	345(101)
УВ-7(28)	100(III)	22(22)	32(28)	0,60(0,74)	0,86(Илл.п.)	235(148)	6,3Илл2,9Олл0,8Б	394(200)
УВ-8(29)	100(III)	22(22)	32(28)	0,55(0,74)	0,89(Илл.п.)	244(157)	6,4Илл2,1Олл1,5Б	439(213)
УВ-9(30)	100(III)	22(22)	28(28)	0,56(0,57)	0,83(Илл.п.)	225(148)	6,6Илл3,4Олл	403(258)
УВ-10(31)	100(III)	22(22)	40(36)	1,10(1,16)	0,93(Илл.п.)	279(203)	7,4Илл2,6Олл	253(175)
УВ-11(32)	100(III)	22(22)	40(36)	1,16(1,16)	0,79(Илл.п.)	222(213)	9,6Илл0,4Б	192(183)
УВ-12(33)	100(III)	22(22)	40(32)	1,16(1,16)	0,79(Илл.п.)	223(185)	8,3Илл0,7Олл	191(159)
УВ-13(34)	100(III)	22(22)	40(32)	0,50(1,17)	0,70(Илл.п.)	190(139)	7,3Илл2,5Олл0,2Ч	382(119)
УВ-14(35)	100(III)	24(24)	56(56)	2,42(2,42)	0,56(Илл.п.)	177(177)	10,0Илл	73(73)
УВ-15(36)	100(III)	24(24)	56(40)	2,26(2,43)	0,62(Илл.п.)	197(189)	9,5Илл0,5Олл	87(77)
УВ-16(37)	100(III)	24(24)	56(40)	2,09(2,43)	0,53(Илл.п.)	169(148)	8,8Илл,2Олл	81(61)
УВ-17(38)	100(III)	22(22)	52(24)	0,61(2,29)	0,73(Илл.п.)	197(176)	8,9Илл0,9Олл0,2Б	321(77)
УВ-18(39)	100(III)	22(22)	48(48)	1,68(1,68)	0,60(Илл.п.)	166(166)	10,0Илл	99(99)
УВ-19(40)	100(IV)	20(20)	30(32)	0,54(0,59)	1,21(Илл.п.)	201(200)	9,9Илл0,1Ч	372(337)

Примечание. Типы леса: Илл. пт. – ильмовник купуревый притеррасный; Илл. п. – ильмовник крапивный пойменный; Илл – ильм гладкий; Илл – ильм шершавый; Д – дуб; Ол – ольха серая; Олл – ольха черная; Б – береза; Ч – чермуха; Ос – осина; Ив – ива; Р – рябина; Кл – клен остролистный.

Таблица 4

Индекс описания	Состав древостоя	Состав подроста	Общее число подроста, тыс. шт./га	Распределение подроста по категориям крупности			
				до 0,5 м	0,5...1,5 м	более 1,5 м	более 1,5 м
НП-1(1)	7,0Ол2,2Ил0,8Ос	6,0Ил2,0Ол2,0Ч	2,5	—	1,0	1,5	—
В-1(2)	6,5Ол1,8Ил1,7Ив	6,0Ил4,0Ол	1,0	—	—	1,0	—
В-2*(3)	10,0Ил*	6,0Ол4,0Ил*	0,1*	—	—	0,1*	—
В-3*(4)	10,0Ил*	8,0Ол2,0Ил*	0,2*	—	—	0,2*	—
ВЛ-1(5)	5,3Ил4,7Д	6,2Ол3,0Ил0,4Д0,4Р	1,8	—	0,4	1,4	—
ВЛ-2(6)	9,0Ил1,0Д	6,0Ил4,0Д	2,2	0,3	0,8	1,1	—
ВЛ-3(7)	5,7Ил4,3Д	8,3Ол1,0Ил0,6Д0,1Кл	3,4	0,3	1,1	2,0	—
ВЛ-4(8)	3,3Ил3,3Д2,9Б0,5Ол	5,6Ол3,2Ч0,7Ил0,5Д	3,2	0,6	0,8	1,8	—
ВЛ-5(9)	6,5Ил3,0Д0,5Ол	6,6Ол3,3Чер0,1Ил	2,6	—	—	2,6	—
ВЛ-6(10)	6,0Ил3,3Д0,7Ол	7,0Ол2,5Ч0,5Ил	1,4	—	0,6	0,8	—
ВЛ-7(11)	6,4Ил2,9Д0,7Ол	8,2Ол1,8Ил	2,8	0,4	0,8	1,6	—
ВЛ-8(12)	7,5Ол1,6Ч0,9Ил	6,6Ил2,2Ол1,2Ч	2,2	—	0,4	1,8	—
ВЛ-9(13)	6,1Ол2,8Ил1,1Ч	3,9Ил2,6Ол2,6Ч0,9Ив	2,0	—	0,8	1,2	—
ВЛ-10(14)	10,0Ил	5,0Ил2,5Ол2,5Ч	1,2	1,0	0,2	—	—
ВЛ-11(15)	10,0Ил	9,0Ол1,0Ил	1,6	1,6	—	—	—
ВЛ-12(16)	10,0Ил	4,0Ил4,0Ол2,0Ч	1,2	—	1,0	0,2	—
ВЛ-13(17)	10,0Ил	5,0Ил5,0Ч	0,8	—	—	0,8	—
ВЛ-14(18)	10,0Ил	4,0Ол2,0Ил2,0Д2,0Р	0,6	—	—	0,6	—
ВЛ-15(19)	9,1Ил0,9Д	5,0Ол2,5Ил1,3Р1,2Ч	1,1	0,6	0,4	0,1	—
ВЛ-16(20)	10,0Ил	5,0Ил2,5Ол2,5Ч	2,6	0,5	1,1	1,0	—
ВЛ-17(21)	7,8Ил2,2Д	5,0Ил2,5Ол2,5Ч	0,8	—	—	0,8	—
УВ-1(22)	9,2Ил0,8Олч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-2(23)	9,1Ил0,9Олч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-3(24)	6,3Ил3,6Олч0,1Ч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-4(25)	8,2Ил1,8Олч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-5(26)	8,0Ил2,0Олч	10,0Олч	0,5	—	0,5	—	—
УВ-6(27)	6,8Ил3,2Олч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-7(28)	6,3Ил2,9Олч0,8Б	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-8(29)	6,4Ил2,1Олч1,5Б	Отсутствует	1,0	—	1,0	—	—
УВ-9(30)	6,6Илл3,4Олч	10,0Б	1,5	—	1,5	—	—
УВ-10(31)	7,4Ил2,6Олч	10,0Олч	0,5	—	0,5	—	—
УВ-11(32)	9,6Ил0,4Б	10,0Б	1,5	—	—	1,5	—
УВ-12(33)	8,3Ил1,7Олч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-13(34)	7,3Ил2,5Олч0,2Ч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-14(35)	10,0Ил	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-15(36)	9,5Ил0,5Олч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-16(37)	8,8Ил1,2Олч	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-17(38)	8,9Ил0,9Олч0,2Б	10,0Ил	0,5	—	—	0,5	—
УВ-18(39)	10,0Ил	Отсутствует	—	—	—	—	—
УВ-19(40)	9,9Ил0,1Ч	Отсутствует	—	—	—	—	—

Значительные площади ильмовых лесов подтапливаются в период половодья. Это обстоятельство, а также развитие пойменного крупнотравья препятствуют успешному процессу лесовозобновления. Чаще всего его следует признать неудовлетворительным, причем ильм редко доминирует в составе подроста, преобладает подрост ольхи и черемухи, которая в условиях пойм достигает довольно крупных размеров (диаметр – до 32 см, высота – до 16 м) и отнесена нами не к подлесочным, а к древесным видам. Как свидетельствуют данные табл. 4, в ряде случаев подрост отсутствует полностью. Общее количество подроста достигает 2,6 тыс. шт./га. Преобладает крупный (выше 1,5 м) подрост. Такое положение с возобновлением свидетельствует о деградации ильмовников и постепенной трансформации их в ольшаники, т. е. о постепенном замещении ильма менее ценными в коммерческом отношении породами. Для сохранения доминирования ильма в составе древостоев необходимы специальные лесохозяйственные мероприятия, в том числе и лесокультурные.

Таким образом, состояние немногочисленных массивов ильмовых лесов (скудное возобновление ильма, распространение гнилей, морозобоин, суховершинности, нежелательная смена пород) на территории Вологодской области вызывает тревогу. И поскольку ильмовые леса сами по себе представляют редкое в наших широтах природное явление, а кольцепорово-ядровая древесина ильма обладает ценными качествами, требуется выявлять ранее не учтенные фрагменты ильмовых лесов и за счет введения ильма в состав ольховых и ивовых пойменных лесов повышать его коммерческие качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анучин Н.П.* Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 512 с.
2. *Борисова М.А., Богачёв В.В.* Состояние и возобновление вязовников в долинах малых рек подзоны южной тайги // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы / Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова; Русское географическое об-во. СПб, 2011. Т. 1. С. 35–37.
3. *Василевич В.И., Бибикина Т.В.* Широколиственные леса северо-запада Европейской России. II. Типы липовых, кленовых, ясеневых и ильмовых лесов // Ботан. журн. 2002. Т. 87, № 2. С. 48–61.
4. *Гроздов Б.В.* Дендрология. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 436 с.
5. *Кожевников Ю.П.* Реликтовая вязовая роща на реке Волхов // Ботан. журн. 1998. Т. 83, № 11. С. 106–110.
6. *Комиссарова М.Г.* Типы северных пойменных дубовых лесов Европейской России // Лесн. журн. 2013. № 3. С. 34–44. (Изв. высш. учебн. заведений).
7. Леса земли Вологодской / Под ред. В.В. Корякина. Вологда: Легия, 1999. 296 с.
8. Лесная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1985. Т. 1. 563 с.
9. *Рылков В.Ф.* Лесовосстановление основных типов вырубок // Лесовоспроизводство лесных ресурсов. Новосибирск: Наука, 1988. С. 43–54.
10. *Скворцов В.Э.* Атлас-определитель сосудистых растений таежной зоны Европейской России. М.: Гринпис России, 2000. 587 с.

11. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. СПб.: Наука, 1991. Т. 5. 390 с.
12. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. Таблицы для таксации леса. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 460 с.
13. Тюрин А.В., Науменко И.М., Воропанов П.В. Лесная вспомогательная книжка. М.: Гослесбумиздат, 1956. 532 с.
14. Черепанов И.В. Возобновление *Alnus incana* (Betulaceae) и *Ulmus glabra* (Ulmaceae) – доминантов пойменных лесов // Ботан. журн. 2004. Т. 89, № 11. С. 1787–1795.
15. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. Л.: Наука, 1981. 510 с.
16. Bitterlich W. Die Winkelzahlprobe // Allgemeine Forst und Holzwirtschaftliche Zeitung. Wien, 1948. S. 3–7.
17. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. Wien-N.Y., 1964. 865 s.
18. Caratini R. Les plantes. Paris, 1984. 195 p.

Поступила 20.04.15

UDC 630*17:581.9/2.635.12

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.100

Geobotanical Peculiarities and Productivity of the Fragmentary Elm Forests of Vologda Region

*A.P. Dobrynin*¹, *Doctor of Biological Sciences, Professor*

*I.V. Evdokimov*², *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor*

¹Cherepovets State University, Lunacharskiy ave., 5, Cherepovets, Vologda Region, 162600, Russian Federation; e-mail: apdobrtnin@mail.ru

²Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin, Mira str., 8, Molochnoe, Vologda Region, 160555, Russian Federation; e-mail: igorevd1@rambler.ru

Two species of elm grow naturally in Vologda region: *Ulmus laevis* Pall. and *U. glabra* Huns., forming some hybrid forms. The northern boundary of these species distribution lies through the region in the direction Petrozavodsk – Vologda – Kirov – Yekaterinburg. Both *Ulmus laevis* and *U. glabra* are found in the floodplains of Sheksna, Mologa, Suda, Chagodosha, Sukhona, Vologda, Lezha and other rivers. Practically, the area of elm forests is vast; some sites in the form of small solid woods and fragments are not reflected in the documents. The average age of stands is 100 years, the average site class is IV, the average stock is 105 m³/ha, the density is 0.60, and the mean annual increment is 1.4 m³/ha. Our investigations carried out in the four solid woods with a predominance (or considerable proportion) of elm in Vologda region revealed the species composition, stands structure, inventory indices, main types of forest, peculiarities of reforestation and alternation of tree species. The grass cover is formed by floodplain tallgrass; the undergrowth – by floodplain species of shrubs. Elm, alder, bird cherry and birch usually form the stands. Periodical spring floods hamper the natural regeneration of elm. The composition of undergrowth demonstrates the elm displacement by *Alnus incana* and *A. glutinosa*. Sometimes the undergrowth is absent; and the elm solid woods can be lost in future.

Keywords: floodplain plant community, elm forest, species composition, forest type, association, inventory index, reforestation.

REFERENCES

1. Anuchin N.P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest Taxation]. Moscow, 1971. 512 p.
2. Borisova M.A., Bogachev V.V. Sostoyanie i vozobnovlenie vyazovnikov v dolinakh mal'nykh rek podzony yuzhnoy taygi [The State and Regeneration of Elm Forests in the Valleys of Small Rivers in the Southern Taiga Subzone]. *Otechestvennaya geobotanika: osnovnye vekhi i perspektivy* [Russian Geobotany: Milestones and Prospects]. St. Petersburg, 2011, vol. 1, pp. 35–37.
3. Vasilevich V.I., Bibikova T.V. Shirokolistvennyye lesa severo-zapada Evropeyskoy Rossii. II. Tipy lipovykh, klenovykh, yasenevykh i il'movykh lesov [Broad-Leaved Forests of the North-West of European Russia. II. Types of Linden, Maple, Ash and Elm Forests]. *Botanicheskiy zhurnal*, 2002, vol. 87, no. 2, pp. 48–61.
4. Grozdov B.V. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow; Leningrad, 1952. 436 p.
5. Kozhevnikov Yu.P. Reliktovalaya vyazovaya roshcha na reke Volkhov [Relic Elm Grove on the Volkhov River]. *Botanicheskiy zhurnal*, 1998, vol. 83, no. 11, pp. 106–110.
6. Komissarova M.G. Tipy severnykh poymennykh dubovykh lesov Evropeyskoy Rossii [Types of Northern Floodplain Oak Forests of the European Part of Russia]. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 3, pp. 34–44.
7. *Lesy zemli Vologodskoy* [Forests of the Vologda Land]. Ed. by V.V. Koryakin. Vologda, 1999. 296 p.
8. *Lesnaya entsiklopediya* [Forest Encyclopedia]. Moscow, 1985, vol. 1. 563 p.
9. Rylkov V.F. Lesovosstanovlenie osnovnykh tipov vyrubok [Reforestation of the Main Types of Cutting]. *Lesovosproizvodstvo lesnykh resursov* [Reforestation of Forest Resources]. Novosibirsk, 1988, pp. 43–54.
10. Skvortsov V.E. *Atlas-opredelitel' sosudistykh rasteniy taezhnoy zony Evropeyskoy Rossii* [Atlas of the Vascular Plants of the Taiga Zone of European Russia]. Moscow, 2000. 587 p.
11. *Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Bostoka* [Vascular Plants of the USSR Far East]. St. Petersburg, 1991, vol. 5. 390 p.
12. Tret'yakov N.V., Gorskiy P.V., Samoylovich G.G. *Spravochnik taksatora. Tablitsy dlya taksatsii lesa* [Taxator's Reference Book. Forest Inventory Tables]. Moscow, 1965. 460 p.
13. Tyurin A.V., Naumenko I.M., Voropanov P.V. *Lesnaya vspomogatel'naya knizhka* [Forest Auxiliary Book]. Moscow, 1956. 532 p.
14. Cherepanov I.V. Vozobnovlenie *Alnus incana* (Betulaceae) i *Ulmus glabra* (Ulmaceae) – dominantov poymennykh lesov [Regeneration of *Alnus incana* (Betulaceae) and *Ulmus glabra* (Ulmaceae) – Floodplain Forest Dominants]. *Botanicheskiy zhurnal*, 2004, vol. 89, no. 11, pp. 1787–1795.
15. Cherepanov S.K. *Sosudistye rasteniya SSSR* [Vascular Plants of the USSR]. Leningrad, 1981. 510 p.
16. Bitterlich W. Die Winkelzahlprobe. *Allgemeine Forst und Holzwirtschaftliche Zeitung*. Wien, 1948, pp. 3–7.
17. Braun-Blanquet J. *Pflanzensoziologie*. Wien; New York, 1964. 865 p.
18. Caratini R. *Les plantes*. Paris, 1984. 195 p.

Received on April 20, 2015



УДК 621.825+62-592.1
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.112

**УМЕНЬШЕНИЕ РЕЗОНАНСА
РЕЛАКСАЦИОННЫХ АВТОКОЛЕБАНИЙ
КОЛЕСНЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ
ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Д.Г. Мясищев, д-р техн. наук, проф.
А.С. Вашуткин, канд. техн. наук, доц.
А.С. Лоренц, асп.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;
e-mail: d.myasishchev@narfu.ru, a.vashutkin@narfu.ru, a.lorents@narfu.ru

Статья посвящена анализу потенциального увеличения относительной скорости деформации упругого элемента в расчетной динамической системе фрикционной пары «колодка (лента)–контртело» автомобильного тормоза при начале и завершении торможения, а значит, и соответствующих компонентов пары трения реального тормоза для уменьшения автоколебаний за счет подачи сжатого воздуха на фрикционные поверхности в процессе торможения. Перед нами стояли следующие задачи – теоретически качественно проанализировать как положительные физические явления исследуемого процесса торможения колеса автомобиля скажутся на протекании автоколебаний и их резонансных последствий. Для этого предложено при торможении за период вхождения фрикционной пары в полный контакт, вплоть до полной остановки колеса, использовать технический и теоретический подходы, связанные с подачей сжатого воздуха на фрикционные поверхности тормозного механизма. В процессе подачи сжатого воздуха в переменный зазор между фрикционными поверхностями при торможении колеса, в том числе и в ходе кинематического трения, следует ожидать, что за счет скоростного воздушного потока количество продуктов износа в микроуглублениях шероховатостей поверхностей будет меньше, чем без продувки. Кроме того, реально ожидаема интенсификация охлаждения фрикционных поверхностей. В итоге нежелательные процессы намазывания и вулканизации материала накладок будут протекать менее активно, и упругопластические свойства накладок колесного автомобильного тормоза будут иметь более длительный срок работы по сравнению с существующими конструкциями. Это приведет к уменьшению автоколебаний в тормозных механизмах, которые при возможных кратковременных резонансных явлениях служат источником шумов колесных автомобильных тормозов и снижению повышенного износа фрикционного материала накладок, а также к уменьшению времени срабатывания накладок. В качестве примера приведена и математически смоделирована идеализированная схема фрикционной пары автомобильного колодочного тормоза, отражены положительные эффекты, получаемые после внедрения контура пода-

чи сжатого воздуха в текущий зазор фрикционной пары в процессе ее смыкания и разъединения при срабатывании автомобильного тормоза.

Ключевые слова: лесовозный автомобиль, тормозной механизм, уменьшение, автоколебания.

Известно, что «...работа тормоза и фрикционной муфты в некоторых случаях сопровождается характерными шумами и колебаниями узла или всей машины. Обычно это наблюдается к концу торможения или разгона, когда относительная скорость скольжения * ... невелика» [2, с. 90].

Цель работы – проведение качественного анализа возможного увеличения относительной скорости деформации упругого элемента в расчетной динамической системе фрикционной пары «фрикционная колодка–барабан» [2, с. 93, рис. 55] автомобильного тормоза в начале и при завершении торможения для уменьшения автоколебаний путем подачи сжатого воздуха на поверхности трения в процессе торможения.

Возникающие автоколебания в тормозных механизмах, как было указано выше, являются, при возможных кратковременных резонансных явлениях, источником шумов колесных автомобильных тормозов. Но при этом данные релаксационные автоколебания могут быть причиной повышенного износа фрикционного материала накладок. Следует отметить и увеличение времени срабатывания тормоза. При этом возрастают дополнительные перемещения трущихся элементов механизма – относительная скорость скольжения колодок становится больше относительной скорости между ведущей (барабан) и ведомой (колодка) частями тормоза.

Рассмотрим возможность уменьшения отрицательных последствий автоколебаний за счет подачи сжатого воздуха в зазор между поверхностями фрикционной пары колодочного тормоза грузового автомобиля в процессе торможения.

Подача сжатого воздуха в зону фрикционного контакта в колодочном тормозе колеса грузового автомобиля экспериментально и теоретически [3, 4, 7–11] показала, что при этом имеет место увеличение значения тормозной силы на колесе, что было выбрано в качестве показателя эффективности исследованного процесса. Была обоснована и реализована методика оптимизации параметров пневматической системы подачи воздуха на фрикционные поверхности колесного тормоза с использованием теории планирования многофакторного эксперимента.

Как показал анализ полученных результатов и данных исследований многочисленных специалистов в изучаемой области, качественными объяснениями полученного положительного эффекта являются: улучшение охлажде-

* Относительная скорость деформации упругого элемента динамической системы фрикционной пары «фрикционная колодка–барабан».

ния поверхностей трения; интенсивное удаление продуктов износа фрикционных поверхностей тормоза при выборе зазора в системе «поверхность барабана–поверхность накладки»; интенсификация осушения фрикционных поверхностей тормоза от воды, масла и др.

Перед нами стояла задача – попытаться качественно проанализировать как отмеченные положительные физические явления рассматриваемого процесса торможения колеса автомобиля скажутся на протекании автоколебаний и их резонансных проявлениях.

Проблемами фрикционных автоколебаний занимались многие исследователи. Например, М.П. Александрова [1] доказала, что переход от статического трения (трения покоя) к трению кинематическому (трение скольжения) происходит скачкообразно. При контакте двух тел, скользящих относительно друг друга, происходят скачки, являющиеся результатом периодически возникающих и исчезающих упругих напряжений в зоне контакта фрикционных поверхностей. Это и есть релаксационные автоколебания, которые вызывают звуковые явления, вибрацию и др. негативные последствия.

Известная теория А.Ю. Ишлинского–И.В. Крагельского, подтвержденная экспериментально, указывает на то, что причина скачков при рассмотрении упругой системы состоит в различии коэффициентов трения покоя и трения скольжения. Это дает возможность приблизительно определить параметры процесса автоколебаний, используя идеализированную характеристику трения в данном процессе рис. 1 [2, с. 92, рис. 54, б].

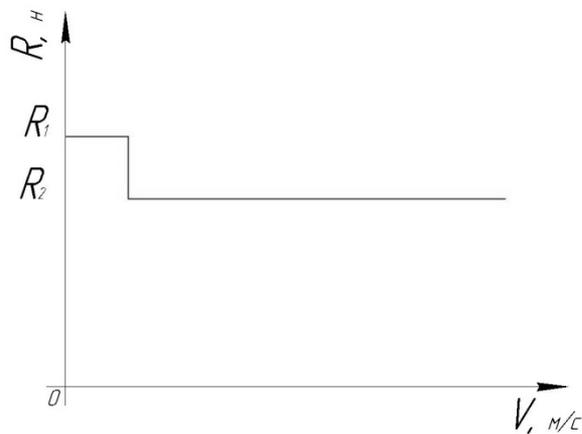


Рис. 1. Характеристика трения: R_1 – максимальная сила трения покоя; R_2 – приближенная (усредненная) сила трения скольжения; V – скорость относительного скольжения (скорость деформации идеализированного упругого элемента в зоне фрикционного контакта системы «накладка–барабан»)

Авторы работ [5, 6] причину появления релаксационных фрикционных автоколебаний в колесных тормозных механизмах в моменты начала и конца торможения объясняют результатом постепенного намазывания (термин авторов [5, 6]) материала фрикционных поверхностей в процессе использования тормоза. Возникающие при этом автоколебания появляются не сразу, а только после некоторого времени эксплуатации фрикционных накладок. Этот срок характерен для каждого фрикционного материала.

С нашей точки зрения для накладок до и в процессе торможения гипотетическую схему взаимодействия колодки и барабана можно представить, как показано на рис. 2.

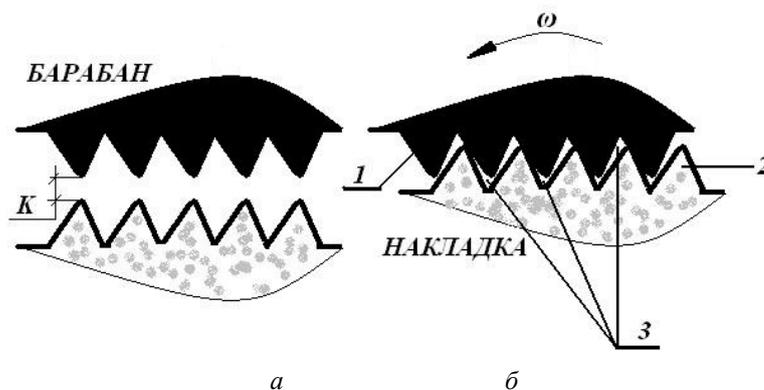


Рис. 2. Идеализированная схема фрикционной пары автомобильного колодочного тормоза: *а* – трение покоя; *б* – кинематическое трение

На схеме треугольными выступами идеализированно изображены принятые абсолютно жесткими шероховатости 1 металлического (чугунного) барабана и деформируемые шероховатости 2 материала фрикционной накладки; 3 – некоторое текущее во времени эксплуатации по объему пространство. Последнее в зависимости от срока эксплуатации тормоза может быть в разной степени заполнено продуктами износа фрикционной пары. На рис. 2, *а* представлена ситуация, когда механизм колеса расторможен (трение покоя) и между вершинами выступов 1 и 2 имеется зазор *K*. Рис. 2, *б* соответствует ситуации кинематического трения в фрикционной паре.

В работе [2] для оценки величины сжатия идеализированного упругого элемента в зоне фрикционного контакта системы «накладка–барабан» предложено следующее выражение:

$$\Delta l = \frac{2(R_1 - R_2)}{C}, \quad (1)$$

где Δl – искомая оценка, м;

R_1 и R_2 – параметры (см. рис. 1), Н;

C – жесткость идеализированного упругого элемента в зоне фрикционного контакта, Н/м.

Как показано в [2], при малых значениях скорости V время (t_1 , с) относительного движения колодки при автоколебаниях определяется как

$$t_1 = \frac{\pi}{p}, \quad (2)$$

где p – циклическая частота в исследуемой упругой системе, с^{-1} ,

$$p = \sqrt{\frac{C}{m}}; \quad (3)$$

m – масса фрикционной колодки, кг.

Параметр p в процессе эксплуатации существующих на автомобилях колодочных колесных тормозов увеличивается из-за намазывания продуктов износа (в общем случае позиция 3 на рис. 2, б) и действия высоких температур (вулканизация), что приводит к увеличению параметра C (1). Значит, следует предполагать, что величина t_1 будет иметь тенденцию к уменьшению при прочих равных условиях.

Продолжительность состояния относительного покоя колодки:

$$t_2 = \frac{\Delta l}{V} = \frac{2(R_1 - R_2)}{CV}. \quad (4)$$

С учетом (2) и (4) период релаксационных колебаний (возмущающей силы для системы тормозного механизма) оценивается как

$$T_0 = t_1 + t_2. \quad (5)$$

Рассматривая конкретное состояние фрикционной пары ($t_1 = \text{const}$) установлено [2, с. 95], что «... в процессе разгона, торможения или реверсирования скорость V всегда убывает и, следовательно, период автоколебаний непрерывно возрастает».

При этом период собственных колебаний системы (суппорт, оси и тело тормозных колодок, элементы креплений и др.) тормозного механизма

$$T = \frac{2\pi}{p_1}, \quad (6)$$

где p_1 – циклическая частота собственных колебаний системы тормозного механизма, с^{-1} .

Данный динамический показатель целесообразно считать практически постоянным.

Там же [2] отмечается, что если в момент начала или окончания действия тормозного механизма период, определяемый относительной скоростью V , больше периода собственных колебаний всей системы ($T_0 > T$), то возникновение резонанса практически невозможно. Если $T_0 < T$, то всегда имеются предпосылки для резонанса, так как по мере уменьшения V будет возрастать T_0 , и через некоторое время $T_0 = T$, т. е. кратковременный резонанс внутри некоторой резонансной зоны, расположенной около резонансной скорости V_p , которая может быть оценена как

$$V_p = \frac{2(R_1 - R_2)}{\pi r t}. \quad (7)$$

Из данного качественного анализа можно сделать заключение: для снижения автоколебаний колесного барабанного автомобильного тормоза и вытекающих из этого отрицательных последствий в течение всего времени использования данной фрикционной пары требуется обеспечить, чтобы $T_0 > T$. Для этого предлагается при торможении в течение времени вхождения фрикционной пары в полный контакт и вплоть до полной остановки колеса использовать технический и теоретический подходы, которые указаны в работах [3, 4, 7–11].

Из работ [5, 6] следует, что малоработавшие фрикционные накладки практически не подвержены релаксационным автоколебаниям. Это наблюдается тогда, когда накладки обладают достаточно значимыми упругопластическими свойствами (значение параметра C относительно мало). Это достоинство в ходе эксплуатации постепенно теряется в результате намазывания и вулканизации продуктов износа накладок (C увеличивается, так как «...через некоторое время работы фрикционный материал накладок получает дополнительную вулканизацию под действием высоких температур ... и становится более жестким» [2, с. 98]).

В процессе подачи сжатого воздуха в переменный зазор между фрикционными поверхностями при торможении колеса, в том числе и в ходе кинематического трения, количество продуктов износа в микроуглублениях $З$ (рис. 2, б) шероховатостей поверхностей за счет скоростного воздушного потока следует ожидать меньше, чем без продувки. Так же реально ожидать интенсификацию охлаждения фрикционных поверхностей. В итоге отмеченные выше нежелательные процессы намазывания и вулканизации материала накладок протекают менее активно, а упругопластические свойства накладок колесного автомобильного тормоза должны сохраняться более длительный срок работы по сравнению с существующими конструкциями. Это должно обеспечиваться увеличением времени эксплуатации тормоза, когда $T_0 > T$.

Следовательно, можно предположить, что по аналогии с колодочными конструкциями эти предложения справедливы и для дисковых колодочных автомобильных тормозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров М.П. Тормозные устройства в машиностроении. М.: Машиностроение, 1965. 676 с.
2. Борисов С.М. Фрикционные муфты и тормоза строительных и дорожных машин. М.: Машиностроение, 1973. 167 с.
3. Ваиуткин А.С., Ульяновский И.Е., Мясичев Д.Г. Теоретическое исследование влияния факторов на работу тормозного механизма при подаче сжатого воздуха между тормозными колодками и тормозным барабаном // Изв. Самарского НЦ РАН. 2011. С. 946–949.

4. Заявка на изобретение. Способ подачи сжатого воздуха на фрикционные поверхности тормозного механизма и устройство для его осуществления / Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С., Швецов А.М.; заявитель САФУ имени М.В. Ломоносова. № 2012147970/11; заявл. 12.11.12; опубл. 20.05.14.

5. *Костерин Ю.И.* Механические колебания при сухом трении. М.: Изд-во АН СССР, 1969. 76 с.

6. *Крагельский И.В.* Трение и износ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1968. 480 с.

7. *Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С.* Экспериментальное исследование функционирования барабанных тормозных механизмов автолесовозов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы междунар. науч.-техн. конф., 7 – 9 дек. 2010 г. Вологда: ВГТУ, 2010. С. 166–169.

8. *Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С.* Организация и планирование экспериментального исследования подвода сжатого воздуха между тормозными колодками и тормозным барабаном в процессе торможения // Лесн. журн. 2013. №1. С. 70–77. (Изв. высш. учеб. заведений).

9. *Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С.* Результаты экспериментального исследования процесса подвода сжатого воздуха между фрикционными поверхностями тормозного механизма // Лесн. журн. 2013. № 4. С. 40–46. (Изв. высш. учеб. заведений).

10. *Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С., Швецов А.М.* Математическое моделирование пневматической системы «источник воздуха–зазор колесного тормоза лесовозного автомобиля–атмосфера» в процессе торможения // Мир науки. 2014. №12. С. 58–61.

11. *Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С., Швецов А.М.* Оптимизация параметров и характеристик колесного тормоза лесотранспортной машины с целью максимизации тормозной силы // Лесн. журн. 2014. № 6. С. 82–87. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 04.03.16

UDC 621.825+62-592.1

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.112

Reduction of Relaxation Oscillation Resonance of Wheel Brake Devices of Lumber Trucks

D.G. Myasishchev, Doctor of Engineering Sciences, Professor

A.S. Vashutkin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

A.S. Lorents, Postgraduate Student

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation;

e-mail: d.myasishchev@narfu.ru, a.vashutkin@narfu.ru, a.lorents@narfu.ru

This article analyzes the potential increase of the relative speed of deformation of the elastic member in the calculating and dynamic system of a friction pair of “brake shoe (band) – counterface” of the automotive brake at the beginning and the end of braking, and therefore the corresponding components of a friction pair of a real brake to reduce the self-oscillations due to the compressed air supply on the friction surfaces during braking. The problem of the research is the theoretical attempt to analyze qualitatively the influence of the positive physical phenomena of the investigated braking process of a vehicle wheel on the self-

oscillations and their resonant consequences. We offer to use the technical and theoretical approaches related to the compressed air supply on the brake friction surface in the process of braking during the period of the friction pair entering in full contact, up to a complete stop of a wheel. Due to the high speed of airflow we should expect the fewer amounts of wear products in the micropits of surface roughness in the process of compressed air supplying during wheel braking and the kinematic friction into the variable clearance between the friction surfaces than without scavenging. In addition, the expected intensification of cooling of the friction surfaces is real. As a result, the undesirable smearing and vulcanization processes of the facing material are less active; and the elastic properties of the wheeled brake facing have a longer life, compared with the existing designs. This fact reduces the self-oscillations in the brake devices, which in case of possible short-term resonance phenomena are a source of noise of the wheeled automobile brakes and a reduction of increased wear of the friction facing material, as well as to a decrease of the response time of facing. As an example, the idealized diagram of a friction pair of a drum brake is mathematically modeled; the positive effects obtained after the introduction of the compressed air supply circuit in the current clearance of the friction pair in the process of closing and separation at the automobile braking action are reflected.

Keywords: lumber truck, brake device, reduction, self-oscillation.

REFERENCES

1. Aleksandrov M.P. *Tormoznye ustroystva v mashinostroenii* [Braking Devices in Mechanical Engineering]. Moscow, 1965. 676 p.
2. Borisov S.M. *Friktsionnye mufty i tormoza stroitel'nykh i dorozhnykh mashin* [Friction Clutches and Brakes of Building and Road Machines]. Moscow, 1973. 167 p.
3. Vashutkin A.S., Ul'yanovskiy I.E., Myasishchev D.G. Teoreticheskoe issledovanie vliyaniya faktorov na rabotu tormoznogo mekhanizma pri podache szhatogo vozdukha mezhdru tormoznymi kolodkami i tormoznym barabanom [A Theoretical Study of the Influence of Factors on the Brake Device at Pressure Air Supply Between the Brake Shoes and the Brake Drum]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2011, pp. 946–949.
4. Myasishchev D.G., Vashutkin A.S., Shvetsov A.M. *Sposob podachi szhatogo vozdukha na friktsionnye poverkhnosti tormoznogo mekhanizma i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Pressure Air Supply Method on the Friction Surface of the Brake Device and a Device for Its Implementation]. Application for an Invention, no. 2012147970/11, 2012.
5. Kosterin Yu.I. *Mekhanicheskie kolebaniya pri sukhom trenii* [Mechanical Vibrations at Dry Friction]. Moscow, 1969. 76 p.
6. Kragel'skiy I.V. *Trenie i iznos* [Friction and Wear]. Moscow, 1968. 480 p.
7. Myasishchev D.G., Vashutkin A.S. Eksperimental'noe issledovanie funktsionirovaniya barabannykh tormoznykh mekhanizmov avtolesovozov [Experimental Study of the Drum Brake Device Operation of Lumber Trucks]. *Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: materialy mezhdunar. nauch.- tekhn. konf., 7–9 dek. 2010 g.* [Actual Problems of the Forestry Complex: Proc. Int. Sci. Eng. Conf., 7–9 December, 2010]. Vologda, 2010, pp. 166–169.

8. Myasishchev D.G., Vashutkin A.S. Organizatsiya i planirovanie eksperimental'nogo issledovaniya podvoda szhatogo vozdukha mezhdu tormoznymi kolodkami i tormoznym barabanom v protsesse tormozheniya [Organization and Planning of the Experimental Study of Compressed Air Supply between the Brake Shoes and Brake Drum During Braking]. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 1, pp. 70–77.

9. Myasishchev D.G., Vashutkin A.S. Rezul'taty eksperimental'nogo issledovaniya protsessa podvoda szhatogo vozdukha mezhdu friktsionnymi poverkhnostyami tormoznogo mekhanizma [The Results of an Experimental Study of Compressed Air Supply between the Drum Brake Friction Surfaces]. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 4, pp. 40–46.

10. Myasishchev D.G., Vashutkin A.S., Shvetsov A.M. Matematicheskoe modelirovanie pnevmaticheskoy sistemy “istochnik vozdukha – zazor kolesnogo tormoza lesovoznogo avtomobilya – atmosfera” v protsesse tormozheniya [Mathematical Modeling of the Pneumatic System of “Air Source – Wheel Brake Clearance of a Lumber Truck – Atmosphere” During Braking]. *Mir nauki*, 2014, no. 12, pp. 58–61.

11. Myasishchev D.G., Vashutkin A.S., Shvetsov A.M. Optimizatsiya parametrov i kharakteristik kolesnogo tormoza lesotransportnoy mashiny s tsel'yu maksimizatsii tormoznoy sily [Parameter Optimization of the Wheel Brake of a Timber Car with the Objective of Braking Force Maximization]. *Lesnoy zhurnal*, 2014, no. 6, pp. 82–87.

Received on March 04, 2016



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.023

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.121

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ
ДЕРЕВЯННЫХ ЛИТЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ
НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ ОДНОПРИВОДНЫХ СТАНКАХ**

Ф.В. Черепенин, канд. техн. наук, проф.

С.М. Скворень, канд. техн. наук, проф.

Д.А. Ульяничев, асп.

М.А. Бызова, асп.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова филиал в г. Северодвинске, ул. Капитана Воронина, д. 6., г. Северодвинск, Россия, 164500; e-mail: ulyanichevda@gmail.com

Одним из важных этапов создания изделий для судостроительной промышленности, например крупногабаритных обтекателей гребных винтов, является изготовление деревянных моделей литых заготовок. Именно модели из дерева получили наибольшее распространение в этой сфере производства, так как оно отличается единичностью и мелкосерийностью, а номенклатура отливок очень широка и имеет большой разброс массогабаритных характеристик. Точность изготовления заготовки определяется качеством применяемой модельной оснастки, используемой при изготовлении литейных форм. В настоящее время оборудование, используемое в модельном производстве российских предприятий, устарело. В связи с высокой стоимостью нового оборудования его доля не велика, а имеющиеся современные станки постоянно загружены. По этой причине существенно сужены возможности механизации чистовых операций формообразования деревянных крупногабаритных моделей, что обуславливает высокую долю ручного высококвалифицированного труда в процессе изготовления и высокую себестоимость изделий. При изготовлении деревянных крупногабаритных моделей обтекателей гребных винтов для решения этой проблемы можно использовать широко применяемые в промышленности токарно-карусельные станки, которые предварительно необходимо модернизировать. В этих станках используются жесткие механические копиры с электромеханическими системами слежения за профилем посредством электрошупа, движущегося синхронно с резцом по копиру. Кроме того, они имеют один главный электропривод и автоматическую коробку скоростей с электромагнитными муфтами, обеспечивающими как отдельную, так и одновременную управляющую подачу инструмента по двум координатам. Замена одного главного электропривода совместно с редуктором на современные следящие электроприводы по каждой оси с соответствующими типами устройств с числовым программным управлением требует значительных капиталовложений, весьма трудоемка и предпола-

гает длительный вывод станка из технологического процесса. Поэтому задача по разработке методов и технических средств программного управления копировальными станками без замены используемого электропривода и основного оборудования станка является актуальной. В данной статье представлена цифровая система управления токарно-карусельными станками с одним главным электроприводом. Ее использование позволяет существенно расширить функциональные возможности станков и номенклатуру обрабатываемых деталей; снизить трудоемкость обработки за счет исключения операций изготовления жестких копиров (шаблонов профиля) и точной настройки копировальных устройств; повысить качество обработки; применять современные информационные технологии при подготовке производства в целом. Модернизированные токарно-карусельные станки существенно сократят долю ручного труда при проведении чистовых операций формообразования деревянных крупногабаритных моделей.

Ключевые слова: обтекатель, литейная модель, одноприводные станки, цифровая система управления.

Постоянно возрастающие требования к срокам и качеству выпускаемой продукции диктуют современному производству повышать технический уровень технологического оборудования. Быстрое изменение ситуации на мировом рынке станков требует от производства соответствующего реагирования и перестройки своей работы. С каждым годом на отечественных предприятиях растет доля новых станков с числовым программным управлением (ЧПУ), которые приходят на смену морально и физически устаревшему оборудованию. Однако процесс обновления станочного парка российских предприятий идет достаточно медленно, что связано с большими финансовыми затратами и последствиями мирового финансового кризиса.

Наиболее приемлемым путем решения указанной проблемы является инновация существующих технологических комплексов [1], которая предполагает глубокую модернизацию станочного парка для расширения функциональных и технологических возможностей морально устаревших комплексов в целях повышения точности, надежности и продления срока их службы. Сюда относится и модернизация копировальных токарно-карусельных станков, например модели 1525, имеющей один главный электропривод и механическое копировальное устройство с электрощупом.

В подобном оборудовании слежение за профилем обрабатываемой детали выполняется с помощью электромеханических копировальных устройств, имеющих подвижный шток и несколько пар механических контактов. В зависимости от степени нажатия штока, движущегося по поверхности копира, эти контакты замыкаются или размыкаются и управляют электромагнитными муфтами (ЭМ). Эти муфты обеспечивают соответствующие переключения редуктора и при постоянной частоте вращения главного привода управляют скоростью и направлением подачи рабочего органа станка по горизонтальной (X) и вертикальной (Z) осям.

Данный принцип обработки деталей не позволяет использовать современные информационные технологии и имеет ряд существенных недостатков, связанных с большой трудоемкостью подготовки производства и настройки жестких копиров, а также с низкой точностью обработки.

Можно предложить три пути решения указанной проблемы:

- 1) полная замена старого технологического оборудования на новое;
- 2) замена одного главного электропривода совместно с редуктором на современные следящие электроприводы по каждой оси с соответствующими типами устройств с числовым программным управлением (УЧПУ);
- 3) замена жестких копиров на цифровые и механических копировальных устройств на современные микропроцессорные системы управления.

Первое и второе направления требуют значительных капиталовложений, весьма трудоемки и выводят станок из технологического процесса на длительное время. Учитывая немалую долю копировального оборудования, актуальной становится задача разработки методов и технических средств программного управления копировальными станками без замены используемого электропривода и основного оборудования станка, что позволяет повысить качество изготавливаемых литейных моделей. Кроме того, станок в процессе модернизации не должен выводиться на длительное время из технологического процесса. Решение этой задачи и являлось целью данной работы.

Основные этапы решения указанной задачи:

разработка методики создания цифровой модели профиля обрабатываемой детали;

схемотехническая реализация цифровой системы управления станком;
разработка программного обеспечения.

Методика создания цифровой модели профиля обрабатываемой детали заключалась в математическом описании элементов сложнопрофильных контуров и разработке алгоритма слежения за ними с учетом особенностей работы электропривода движения по осям [3]. В качестве примера на рис. 1 показан исходный профиль обрабатываемой детали и его математическое описание в виде участков из линейных отрезков и дуг окружностей.

Исходный (теоретический профиль) создается в современных САД-системах: AutoCAD, T-FLEX, КОМПАС, ГЕММА и т. п. В результате получается непрерывная кривая, которая описывается отрезками прямых и дугами окружностей. Отрезки задаются двумя точками: начальной $P_k = x_k z_k$ и конечной $P_{k+1} = x_{k+1} z_{k+1}$, а дуги – как элементы окружностей $C_l = I_l J_l r_l$ с центром в точке I_l, J_l и радиусом r_l . Такое описание полностью соответствует требованиям задания контура в УЧПУ. Учитывая особенности неуправляемого главного электропривода, для реализации слежения возникает необходимость аппроксимации полученного контура большим числом линейных отрезков [2]. Один из простейших вариантов кусочно-линейной аппроксимации исходного профиля приведен на рис. 1.

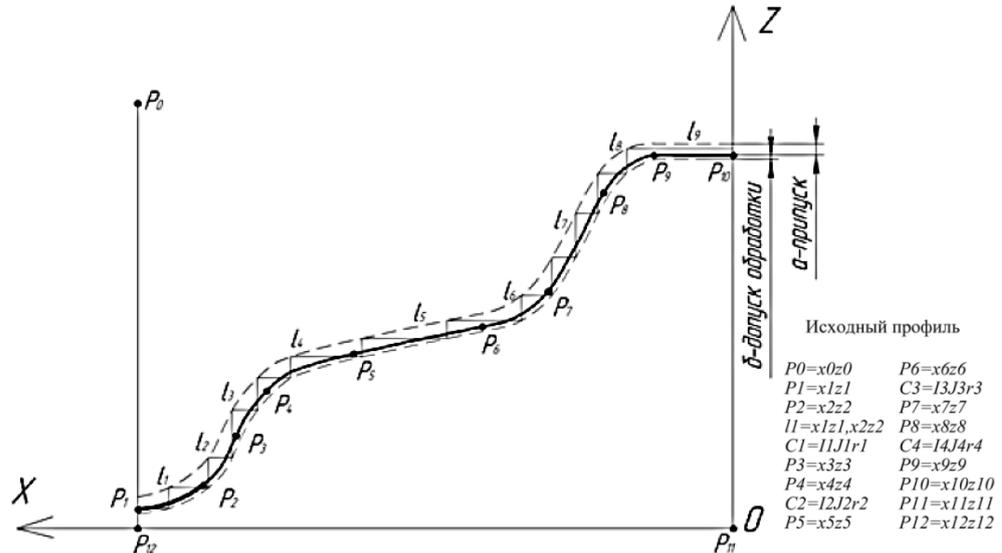


Рис. 1. Пример кусочно-линейной аппроксимации теоретического профиля

С учетом особенностей работы одноприводных копировальных станков и особенностей слежения цифровая система управления (ЦСУ) копировального станка, например модели 1525, должна отвечать следующим требованиям:

1) модернизация станка должна осуществляться только за счет электронной части системы управления, вся силовая схема с исполнительными механизмами и электроприводами остается неизменной;

2) возможность управления станком как с помощью ЦСУ при использовании цифровых моделей копируемого профиля, так и штатного оборудования в ручных режимах обработки. При этом управление от ЦСУ осуществляется параллельно штатной системе управления, что в целом усложняет структуру схемы, но оставляет возможность двойного управления станком;

3) точность изготовления и шероховатость обрабатываемой поверхности должна быть не хуже, чем при использовании механических копировальных устройств;

4) ЦСУ должна обеспечить наглядную визуализацию процесса обработки и расширить номенклатуру обрабатываемых деталей.

Функциональная схема ЦСУ, реализованная на базе сравнительно недорогой УЧПУ NC-201M [2], удовлетворяет вышеизложенным требованиям и показана на рис. 2.

Основные функциональные элементы ЦСУ:

УЧПУ NC-201M, выпускаемое предприятием «Балт-Систем» (Санкт-Петербург;

модуль индикации на 32 входа, через который в УЧПУ вводятся все необходимые сигналы, характеризующие текущее состояние механизмов станка;

модуль релейной коммутации на 24 выхода, через который обеспечивается управление исполнительными механизмами штатной системы управления станком;

выносной станочный пульт с электронным штурвалом (ВСП), который совместно со штатным подвесным пультом обеспечивает дистанционное управление станком;

датчики линейных перемещений (ДЛП) энкодеры ЛИР-8 по горизонтальной X и вертикальной Z осям, а также датчик угла наклона α суппорта (ДУНС). Сигналы с этих датчиков поступают в УЧПУ через разъемы энкодеров, за счет чего обеспечивается высокоточный контроль перемещений резца в плоскости XOZ и программно формируются сигналы управления электромагнитными муфтами;

подвесной пульт управления (ППУ) станком, обеспечивающий ручное управление.

УЧПУ NC-201M имеет широкий набор интерфейсов для подключения внешних устройств, чем и обеспечивается возможность использования информационных технологий.

Модули индикации входов и релейной коммутации выходов обеспечивают оптоэлектронную развязку цепей управления станка с УЧПУ. С их помощью можно легко организовать связи с любыми механизмами станка. Каждый из этих входов/выходов программируется в процессе характеристики УЧПУ, что обеспечивает гибкую и довольно удобную связь УЧПУ с элементами схемы станка.

Схема управления левым суппортом совместно с блоком электромагнитных муфт коммутирует соответствующим образом редуктор левого суппорта и тем самым дает возможность управления главным электроприводом и электроприводом установочных перемещений по сигналам управления, поступающим как от ППУ, так и от УЧПУ. Это обеспечивает возможность двойного управления станком.

Управление перемещениями суппорта по горизонтали и вертикали осуществляется программно от УЧПУ с помощью электромагнитных муфт ЭМ1–ЭМ7, которые соответствующим образом переключают редуктор электропривода суппорта. При этом регулирование скорости подачи суппорта осуществляется одновременно по осям X и Z в диапазоне от 5 мм/мин до 2000 мм/мин 18-ю ступенями с помощью электромагнитных муфт ЭМ 8...ЭМ15, которые изменяют передаточные соотношения редуктора. Такой принцип управления суппортом обеспечивает либо раздельное управление по осям с заданной ско-

ростью подачи, либо совместное движение осей с одинаковой скоростью. При этом резец перемещается только под углом, кратным 45° .

На модернизированном левом суппорте, также оставлено штатное копировальное оборудование, что позволило обеспечить работу системы управления станком как в штатном режиме от подвешного пульта управления (ППУ), так и в режиме управления от УЧПУ. Выбор режима работы станка выполняется тумблером 1-3В5 «УЧПУ-ППУ» и дополнительным реле управления (РУ), которое установлено в корпусе ППУ. При установке этого тумблера в положение «УЧПУ» срабатывает реле РУ, которое снимает питание +24 В со штатных цепей управления электроприводом станка (все цепи аварийной защиты станка остаются в работе), и подключаются цепи управления ЦСУ.

Схема размещения оборудования ЦСУ на копировальном станке показана на рис. 3. УЧПУ крепится непосредственно к ППУ на штатном подвесном устройстве. Модули входов и релейных выходов ЦСУ размещаются на верхней части станка в главной распределительной коробке (ГРК). Информационные трассы от ДЛП и ДУНС прокладываются по металлоконструкциям левого суппорта и, проходя через соединительную коробку СК1-3, поступают в ГРК, после чего через трубу подвеса ППУ подходят к УЧПУ.

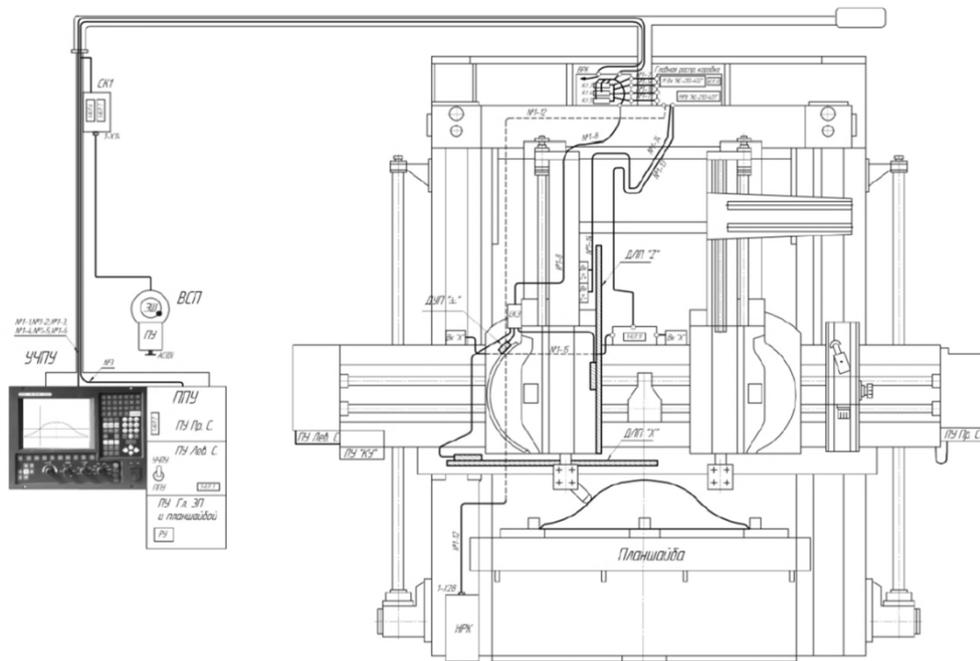


Рис. 3. Схема размещения оборудования ЦСУ и прокладки кабельных трасс на станке модели 1525

Программное обеспечение (ПрО) процесса управления копировальным станком является составной частью ЦСУ станка. Основой системы управления является УЧПУ NC-201M, которое представляет собой промышленный компьютер, имеющий набор периферийных модулей для управления механизмами станка. Для подготовки такого компьютера к работе в конкретной системе необходимо выполнить установку параметров и характеристик управляемого оборудования, а также аппаратных и программных модулей компьютера, т. е. выполнить его характеризацию [7].

После завершения процедуры характеризации разрабатывается программа управления вспомогательными механизмами станка, или программа логики (ПЛ) управляемого оборудования [6]. Эта программа обеспечивает адаптацию управляемого оборудования станка к техническим возможностям УЧПУ.

Кроме того создано ПрО, реализующее управление работой копировального станка в ручном режиме и в режиме автоматического копирования с использованием цифровых моделей обрабатываемых деталей. При этом профиль обрабатываемой детали, представленный цифровой моделью в виде координат большого числа элементарных отрезков, вносится в память ЦСУ, затем в процессе обработки на каждом элементарном участке дополнительно осуществляется автоматическое слежение траектории движения рабочего органа станка (резца) за положением линии отрезка. При этом по результатам измерения перемещений резца определяются отклонения положения резца от теоретических координат линии обрабатываемого отрезка и в зависимости от величины отклонения, скорости подачи, угла наклона текущего элементарного отрезка и заданной ширины зоны слежения ЦСУ генерирует сигналы управления, поступающие на электромагнитные муфты следящей подачи, которые в нужные моменты времени включают и выключают подачу, тем самым обеспечивая автоматическое слежение в заданной зоне за положением линии отрезка.

С учетом указанных возможностей управления суппортом станка при его работе в режиме автоматического копирования можно реализовать несколько способов и вариантов слежения за профилем [4, 5]. Пример одного из способов, реализованного при модернизации станка модели 1525, показан на рис. 4.

Суть предложенного способа заключается в следующем.

Перед началом обработки оператор задает скорость рабочей подачи v_z , глубину резания t и ширину зоны слежения δ , величина которой может быть достаточно малой (1...100 мкм). Затем дается команда «Пуск» и в соответствии с управляющей программой выполняется последовательная обработка всех элементарных отрезков цифровой модели профиля.

В одноприводных станках с электромагнитными муфтами управления осями применение интерполяторов невозможно, так как скорость подачи по обеим осям будет одинаковой и зависит только от скорости вращения главного привода. Поэтому траектория движения резца может быть только

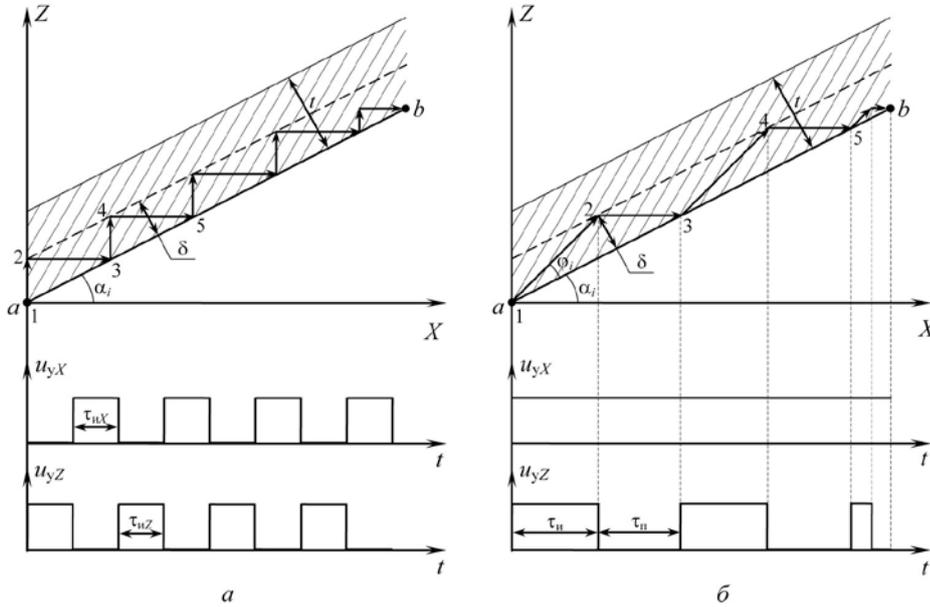


Рис. 4. Варианты траектории движения резца с использованием слежения за линией

двух видов: либо отдельно по каждой оси при раздельном управлении осями, либо под углом 45° при совместном управлении осями, от точки a к точке b . Такой способ управления не приемлем, так как не позволяет получать хорошее качество обрабатываемой поверхности и требует разбивать профиль на очень большое число отрезков.

Поэтому целесообразно при движении резца внутри каждого отрезка ввести дополнительно автоматическое слежение за положением линии отрезка в плоскости резания XZ . При этом также возможны два варианта траектории движения резца (при раздельном и совместном управлении осями), которые показаны на рис. 4, где также изображены временные диаграммы напряжения управления u_y , поступающего на соответствующие ЭМ управления осями.

Рассмотрим особенности траектории движения резца от начальной точки a к конечной точке b вдоль линии отрезка с углом наклона $\alpha_i \approx 30$ при раздельном управлении осями (рис. 4, a).

Как видно из рис. 4, a , при раздельном управлении осями система управления формирует поочередно для каждой оси импульсы u_y определенной длительности $t_n = f(v_z, \alpha_i, \delta, \rho_{эм})$, зависящей от заданной скорости подачи v_z , угла наклона отрезка α_i , ширины трубки слежения δ , величины выбега привода по осям X и Z и т. д.

Основные недостатки рассмотренного метода слежения с раздельным управлением осями:

1) сравнительно высокая шероховатость обрабатываемой поверхности, которая в основном определяется величинами α_i и δ ;

2) ухудшение динамики работы приводов подач по осям X и Z , так как происходит периодическое включение и отключение электромагнитных муфт управления осями, при этом частота переключения зависит от v_3 , α_i и δ ;

3) затруднение точного попадания в расчетные точки 1, 2, 3 и т. д. (рис. 4, а) вследствие инерционности приводов осей и наличия выбега после отключения подачи. Поэтому возможны перебеги при больших значениях скорости v_3 и, как следствие, пропуски отдельных циклов слежения, что негативно сказывается на качестве обработанной поверхности.

При использовании совместного управления осями X и Z (рис. 4, б) влияние указанных недостатков проявляется в меньшей степени, повышается качество обработанной поверхности. В этом случае целесообразно ввести следующие понятия: ВП – «ведущая» подача, СП – «следящая» подача, которые однозначно определяются углом наклона отрезка α_i . При $\alpha_i < 45^\circ$ ведущей является подача по оси X (ВП $_X$), следящей – подача по оси Z (СП $_Z$). При $\alpha_i > 45^\circ$ наоборот – ведущей будет подача по оси Z (ВП $_Z$), а следящей – по оси X (СП $_X$). Чередование ВП и СП происходит во всех 8-ми секторах обработки. При $\alpha_i = 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$ или 315° подачи по обеим осям работают одновременно с одинаковой скоростью и резец перемещается в плоскости резания под углом, кратным 45° .

Основная особенность данного метода состоит в том, что ВП работает непрерывно, при этом на электромагнитную муфту управления этой осью подается постоянное напряжение $U_{\text{п}} = 24$ В, резец перемещается с постоянной заданной скоростью v_3 . СП включается и выключается периодически в расчетных точках 1, 2, 3 и т.д. При этом на электромагнитную муфту управления осью СП подаются импульсы напряжения $u_{y(\text{СП})}$ длительностью $t_{\text{п}}$. Координаты расчетных точек определяются как точки пересечения линии движения резца с исходной линией обрабатываемого отрезка (точки 1, 3, 5 и т.д.) и с линией зоны слежения (точки 2, 4, 6 и т. д.), которая параллельна исходной линии на расстоянии заданной ширины зоны слежения δ . Расчетные значения координат точек слежения представлены в таблице.

Расчетные значения координат точек слежения

Угол наклона i -го отрезка теоретической кривой	Расчётные координаты j -й точки кривой слежения
$\alpha_i = \arctg \frac{Z_{\text{ки}} - Z_{\text{ни}}}{X_{\text{ки}} - X_{\text{ни}}}$	$b_{X(j)} = b_{X(j-1)} + \Delta x_j \quad b_{Z(j)} = b_{Z(j-1)}$ $\Delta x_j = \frac{a + \delta}{\sin \alpha_i}$
	$b_{X(j)} = b_{X(j-1)} \quad b_{Z(j)} = b_{Z(j-1)} + \Delta z_j$ $\Delta z_j = \frac{a + \delta}{\cos \alpha_i}$
	$b_{X(j)} = b_{X(j-1)} + \Delta x_j$ $b_{Z(j)} = b_{Z(j-1)} + \Delta z_j$ $\Delta x_j = \Delta z_j = \frac{a + \delta}{\cos \alpha_i - \sin \alpha_i}$

Как видно из рис. 4, б импульсный метод управления СП обеспечивает более плавную траекторию движения резца вдоль линии обрабатываемого отрезка (здесь угол перехода от точки к точке около 135° , вместо 90° в предыдущем варианте) и, как следствие, улучшается качество обрабатываемой поверхности. Увеличивается также длительность работы СП $t_{и(СП)}$ по сравнению с предыдущим методом, что улучшает динамику работы привода по осям X, Z.

Длительность формируемых импульсов управления $t_{и}$ в общем случае зависит от многих факторов: заданной оператором скорости подачи v_z , угла наклона отрезка α_i , ширины трубки слежения δ , электромагнитной постоянной привода СП $\tau_{эм}$ и т. д. Функциональная связь $t_{и}$ с указанными факторами подробно рассмотрена в [5].

Программа копирования реализована как типовая управляющая программа для станка. Особенностью программы копирования является использование двух процессов, которые загружаются одновременно в память УЧПУ: первый процесс (основной) реализует собственно алгоритм слежения путем расчета координат точек реальной кривой по соотношениям, приведенным в таблице, второй процесс реализует проверку достижения инструментом требуемой координаты при трех видах движения – горизонтальном, вертикальном и совместном (под углом, кратным 45°).

Следует отметить, что управляющая программа позволяет формировать два сигнала «Аварийный стоп»:

первый сигнал – по заглоблению резца в контур обрабатываемой детали; при этом величина заглобления задается оператором в диалоговом режиме в пределах 0,005 и 0,010 мм соответственно для чистовой и черновой обработок;

второй сигнал – по выходу резца из зоны слежения; срабатывание этого сигнала задается примерно величиной $(1,5 \dots 2,0) \delta$ слежения.

При срабатывании одного из программных сигналов «Аварийный стоп» УЧПУ снимает сигнал «Готовность», отключает питание +24 В от модуля выходов, останавливает подачи по обеим осям, запоминает координату останова, анализирует причину срабатывания защиты и выдает информацию на дисплей.

Разработанная ЦСУ смонтирована на копировальном станке модели 1525 и используется в производственных условиях. Испытания ЦСУ и разработанных методов управления подачами были проведены в цехе специального винтообрабатывающего производства ОАО ЦС «Звездочка». После установки и наладки необходимого оборудования на станок модели 1525 была установлена заготовка обрабатываемой детали и в УЧПУ была загружена цифровая модель контура (рис. 5, а). Затем в соответствии с разработанной инструкцией по эксплуатации была произведена обработка заготовки (рис. 5, б).



Рис. 5. Деревянная модель до (а) и после (б) обработки

Качество обработанной деревянной модели контролировали при помощи фотограмметрической измерительной системы V-STARSD5 (рис. 6)

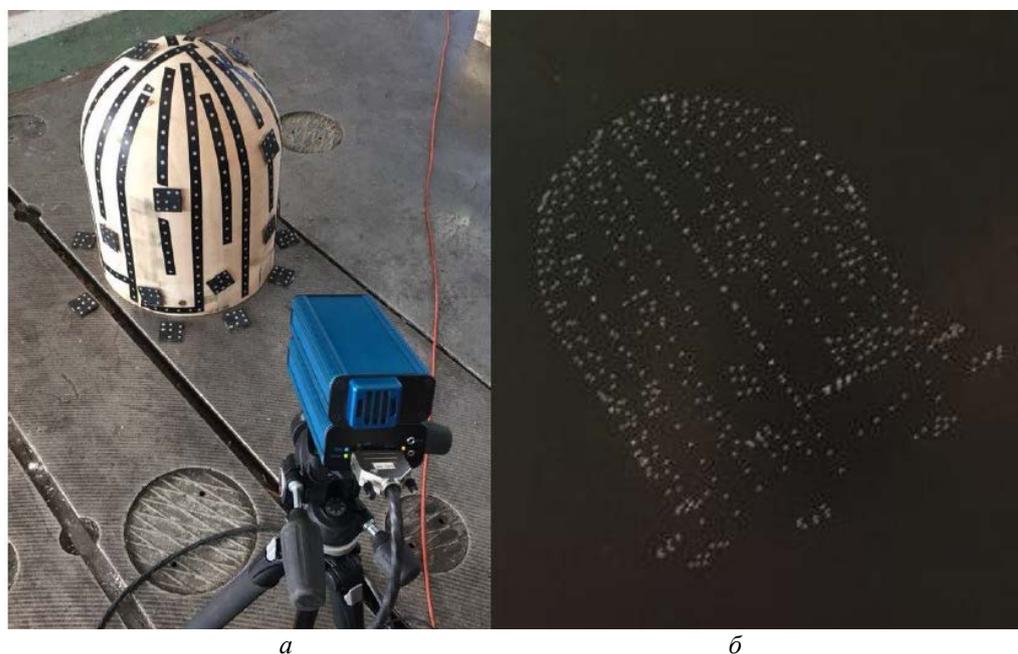


Рис. 6. Контроль качества фотограмметрической измерительной системы V-STARSD5:
а – установка меток на модель, б – полученное поле точек

Выводы

1. ЦСУ позволяет существенно расширить функциональные возможности станка и номенклатуру обрабатываемых деталей.
2. Трудоемкость обработки деталей снижается за счет исключения операций изготовления жестких копиров (шаблонов профиля) и точной настройки копировальных устройств.
3. Повышение качества обработки деталей, дает возможность применять современные информационные технологии при подготовке производства в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Емельянов С.А.* Модернизация станков с ЧПУ: семь практических советов // Современные технологии автоматизации. 2005. № 2. С. 76–83.
2. *Малыгин В.И., Черепенин Ф.В., Сковпень С.М., Лобанов Н.В., Ульяничев Д.А.* Методы программного управления станками с одним главным приводом и автоматической коробкой передач // СТИН. 2013. № 8. С. 2–7.
3. *Малыгин В.И., Черепенин Ф.В., Сковпень С.М., Ульяничев Д.А.* Применение цифровых моделей тел вращения при обработке на копировальных станках // СТИН. 2013. № 7. С. 26–29.
4. *Малыгин В.И., Черепенин Ф.В., Сковпень С.М., Лобанов Н.В., Харитоненко В.Т., Ульяничев Д.А.* Способ автоматизированного управления копировальным токарным станком // Положительное решение о патенте по заявке на изобретение RU 2012116175/02 от 24.02.2012. Опубл. 27.10.2013.
5. Устройство числового программного управления NC-201M. Программирование интерфейса PLC. СПб.: Балт-Систем, 2008. 242 с.
6. Устройство числового программного управления NC-201M. Руководство по характеристике. – СПб.: Балт-Систем, 2008. 202 с.
7. Устройство числового программного управления NC-201M. Руководство по эксплуатации и руководство оператора. СПб.: Балт-Систем, 2008. 118 с.

Поступила 09.02.16

UDC 674.023

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.121

**Improving the Quality of the Wooden Patterns Processing
on a Turning-and-Boring Single-Drive Lathe**

F.V. Cherepenin, Candidate of Engineering Sciences, Professor

S.M. Skovpen', Candidate of Engineering Sciences, Professor

D.A. Ul'yanichev, Postgraduate Student

M.A. Byzova, Postgraduate Student

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Captain Voronin str., 6, Severodvinsk, 164500, Russian Federation; e-mail: ulyanichevda@gmail.com

One of the important stages in the creation of products for the shipbuilding industry, such as the large-sized propeller fairings, is the manufacture of wooden patterns of cast billets. The models of wood are mostly popular in this field of production, because of the singularity and small-series production and the nomenclature of castings is very wide and has a large spread of mass-dimensional characteristics. The accuracy of a blank manufacturing is determined by the quality of the pattern equipment used in a casting form manufacture. Currently, the equipment used in the patternmaking by the Russian enterprises is out of date. The share of new equipment due to its high cost is not great, and the available modern machines are constantly loaded. This is a reason of degradation of the finishing operations mechanization of the large-sized wooden models forming and a high proportion of manual highly skilled labor in the manufacturing process and the high units costs. Widely used the turning-and-boring lathes that first need to be upgraded can be used in the manufacture of large-sized wooden models of propeller fairings. The rigid mechanical tracer templets with the electromechanical systems of tracking a profile by means of the electric feeler moving synchronously with a cutter on the templet are used in such machines. In addition, they have one main electric drive and an automatic gearbox with electric couplings, providing separate and simultaneous control advance of tool in two coordinates. Replacement of one main electric drive together with a gear by the modern servo drivers in each axis with the CNC corresponding types requires a significant investment; it is very labor consuming and contemplates a long-term lathe removing from the technological process. Therefore, the task of developing of methods and technical means of programmable control of the tracer templets without the replacing of the used electrical drive and the basic equipment of the lathe is up to date. The paper presents a digital control system of a turning-and-boring single-drive lathe. Its use can significantly extend the functionality of the lathes and the range of details, reduce the complexity of processing by eliminating the manufacturing of rigid forms (profile templates) and fine control of copiers, improve the quality of processing, use the modern information technologies in the preparation of production as a whole. The upgraded turning-and-boring lathes significantly reduce the share of manual labor in the finishing operations of the large-sized wooden models forming.

Keywords: fairing, foundry pattern, single-drive lathe, digital control system.

REFERENCES

1. Emel'yanov S.A. Modernizatsiya stankov s ChPU: sem' prakticheskikh sovetov [Modernization of CNC: Seven Practical Tips]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii* [Contemporary Technologies in Automation], 2005, no. 2, pp. 76–83.
2. Malygin V.I., Cherepenin F.V., Skovpen' S.M., Lobanov N.V., Ul'yanichev D.A. Metody programmnoy upravleniya stankami s odnim glavnym privodom i avtomaticheskoy korobkoy podach [Methods of Programmable Control of the Lathes with One Main Drive and Automatic Gear Box]. *STIN*, 2013, no. 8, pp. 2–7.
3. Malygin V.I., Cherepenin F.V., Skovpen' S.M., Ul'yanichev D.A. Primenenie tsifrovyykh modeley tel vrashcheniya pri obrabotke na kopiroval'nykh stankakh [The Use of Digital Models of Rotating Bodies in the Processing at Tracer Templets]. *STIN*, 2013, no. 7, pp. 26–29.
4. Malygin V.I., Cherepenin F.V., Skovpen' S.M., Lobanov N.V., Kharitonenko V.T., Ul'yanichev D.A. *Sposob avtomatizirovannogo upravleniya kopiroval'nym tokarnym*

stankom [The Method of Automated Control of a Copying Lathe]. Favourable Decision no. RU 2012116175/02, 2012.

5. *Ustroystvo chislovogo programmno upravleniya NC-201M. Programmirovaniye interfeysa PLC* [The Numerical Control Unit NC-201M. PLC Interface Programming]. St. Petersburg, 2008. 242 p.

6. *Ustroystvo chislovogo programmno upravleniya NC-201M. Rukovodstvo po kharakterizatsii* [The Numerical Control Unit NC-201M. Software Characterization]. St. Petersburg, 2008. 202 p.

7. *Ustroystvo chislovogo programmno upravleniya NC-201M. Rukovodstvo po ekspluatatsii i rukovodstvo operatora* [The Numerical Control Unit NC-201M. Operating and Operator's Manual]. St. Petersburg, 2008. 118 p.

Received on February 09, 2016

УДК 624.078.4+624.011.2
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.136

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СВЯЗЕЙ СДВИГА ПРИ РАСЧЕТЕ РЕБРИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ НА ДЕРЕВЯННОМ КАРКАСЕ

Е.В. Попов, асп.

В.В. Филиппов, бакалавр

В.И. Мелехов, д-р техн. наук, проф.

Б.В. Лабудин, д-р техн. наук, проф.

Т.В. Тюрикова, канд. техн. наук

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;
e-mail: EPV1989@yandex.ru

Ребристые плиты и панели с обшивками из листовых (плитных) материалов используют при строительстве гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений. Они являются универсальными ограждающими и несущими конструкциями, могут использоваться в качестве покрытий, перекрытий, стенового ограждения. Плиты покрытий выполняют одновременно функции прогонов, настила, подшивки, обеспечивают теплозащиту здания. Их отличает унифицированность, высокая степень заводской готовности, возможность заводского контроля прочностных, звуко- и теплоизолирующих свойств, невысокая плотность используемых материалов, благодаря чему снижаются затраты на устройство фундаментов зданий. Стоимость фанеры возрастает за счет роста стоимости сырья и низкого коэффициента полезного выхода готовой продукции, в качестве обшивок плит покрытий и перекрытий за последние годы стали применять oriented strand boards – плиты OSB. Стоимость этих плит ниже стоимости фанеры, так как сырьем для них является преимущественно древесина мягколиственных пород. В статье представлено исследование напряженно-деформированного состояния панелей на деревянном каркасе с обшивкой из OSB для различных вариантов соединений с ребрами. Для проведения численного эксперимента при прочностном и деформационном анализе конструкций методом конечных элементов был использован программный вычислительный комплекс Scad Office 21.1. Установлен характер распределения напряжений в обшивке панели перекрытия, работающей в составе всей конструкции, а также влияние жесткости связей сдвига на распределение напряжений в обшивке. Выявлено влияние сдвиговой жесткости податливых дискретных связей на коэффициент приведения, характеризующий неравномерность распределения нормальных сжимающих напряжений в поперечном сечении обшивки, определены коэффициенты составности, учитывающие податливость связей при определении прогиба и проверке прочности составных конструкций. По результатам исследования установлено, что увеличение диаметра винтов без постановки дополнительных усиливающих элементов (когтевых шайб) не оказывает существенного влияния на долю участия обшивки в работе панели на изгиб, применение комбинированных соединений с когтевыми шайбами «Bulldog» способствует эффективному вовлечению сжатой обшивки в работу панели.

Ключевые слова: ребристая панель, жесткие связи, клеевое соединение, дискретные связи, нагельные соединения, прочность, деформативность, податливость, составность.

Напряженно-деформированному состоянию панелей с податливыми связями обшивки и ребер посвящен ряд работ, связанных с исследованием стеновых панелей [2, 6, 13]. Работа изгибаемых панелей перекрытий с податливым креплением обшивки изучена недостаточно. Не всегда корректно учитывалась работа податливых соединений (гвоздей, винтов, скоб), которые обладают податливостью, что не позволяет в полной мере включать обшивку в работу конструкции. В связи с этим предпочтение отдавалось клеевым соединениям обшивки и ребер [1, 7, 11].

Панель перекрытия можно рассматривать как пространственную систему, состоящую из тонкой плиты и подкрепляющих ее продольных ребер. Значительный вклад в совершенствование конструкции панелей и методику расчета внесли А.Б. Губенко, В.Ф. Иванов, К.П. Кашкаров, М.Е. Каган, Г.Г. Карлсен, М.Ф. Ковальчук, И.М. Линьков и др. Проблемам развития и совершенствования теории проектирования пластинчатых конструкций посвящены исследования таких ученых, как Н.П. Абовский, П.А. Дмитриев, В.И. Жаданов, А.А. Журавлев, И.С. Инжутов, С.А. Корзон, В.Г. Леннов, Б.В. Лабудин, Б.К. Михайлов, А.Я. Найчук, Р.Б. Орлович, К.П. Пятикрестовский, Е.Н. Серов, В.Я. Терентьев и др.

Расчет ребристых панелей на деревянном каркасе можно проводить по балочной схеме, используя представление о них как о элементах таврового или двутаврового сечения, обшивки которых выступают в роли полок. Нормальные напряжения, направленные вдоль оси панели, возникающие в полках, будут иметь максимальное значение у ребер и уменьшаться по мере удаления от них. В середине обшивки напряжения будут минимальными. При этом в расчет следует вводить не фактическую, а уменьшенную (эквивалентную, приведенную) ширину обшивки, которая определяется с учетом того, чтобы значения наибольших продольных напряжений для фактического и приведенного сечений оказались равными [11]. Схемы фактического и приведенного поперечных сечений ребристой панели представлены на рис. 1.

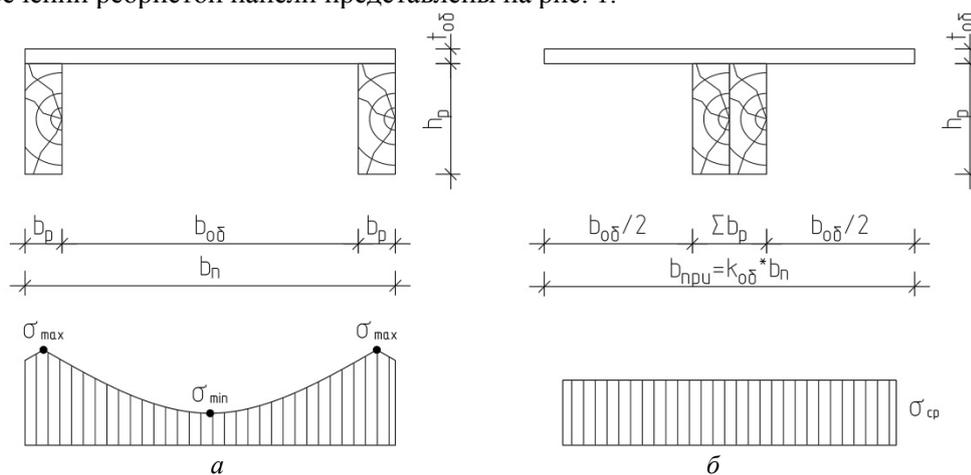


Рис. 1. Схемы фактического и приведенного поперечных сечений панели и распределение нормальных напряжений в обшивке: *a* – фактическое сечение; *б* – расчетное (приведенное) сечение

Объектом численных исследований являлись панели перекрытия П-образного поперечного сечения размерами 1×3 м, состоящие из несущих деревянных ребер присоединенной к ним обшивки из OSB. В качестве основного инструмента численных исследований напряженно-деформированного состояния изгибаемых панелей с обшивкой из OSB, включенной в общую работу конструкции, был применен лицензированный программный комплекс Scad Office 21.1, в основу которого положен метод конечных элементов [5].

Рассмотрено 4 варианта соединения обшивки с ребрами: I – на винтах диаметром 4 мм; II – диаметром 6 мм; III – с помощью нагельной группы [8], состоящей из винтов и когтевых шайб «Bulldog»; IV – на клею. Значения жесткости дискретных связей принимали по результатам, приведенным в [8].

Для ребер характеристики материалов принимали согласно [4, 10], для обшивки из OSB – [13–15], так как в отечественных нормах эти показатели отсутствуют. Были приняты плиты класса OSB/3.

Цель работы – для изгибаемых плит перекрытий выявить степень включения в работу продольных деревянных ребер обшивок из OSB при использовании различных типов связей (винты разного диаметра, шайбы «Bulldog», клей) и определить коэффициенты составности k_w , $k_{ж}$.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

создать физическую и расчетную модель, адекватно отражающую работу материалов и соединений;

выявить и оценить закономерности распределения нормальных напряжений сжатой обшивки в зависимости от жесткости соединителей;

оценить степень участия обшивки в общей работе конструкции в зависимости от типа соединительных связей и дать предложения по инженерному расчету панелей с односторонней (верхней) обшивкой.

Размеры поперечного сечения ребер панели принимали исходя из прочности на действие изгибающего момента при нагрузке $P = 1,95$ кПа (195 кг/м^2), что соответствует расчетной полезной нагрузке в помещениях жилых зданий [9]. Толщину обшивки определяли из условия ее прочности при изгибе от сосредоточенной нагрузки $P = 1$ кН. В результате предварительного расчета с учетом диаметра коннектора были установлены размеры поперечного сечения ребра (60×150 мм) из древесины хвойных пород (сосна, 1-й сорт), толщина обшивки $\delta = 18$ мм. Ребра и обшивки панели моделировали с помощью пластинчатых конечных элементов типа 41 с ортотропными жесткостными характеристиками. Дискретные связи, скрепляющие лист обшивки и каркас, принимали в виде конечных элементов типа 55, которые моделируют связи конечной жесткости, устанавливаемые между двумя узлами и обеспечивающие взаимную линейную или угловую податливость узлов [5]. Шаг расстановки дискретных связей принят 200 мм.

Схема поперечного сечения исследуемой панели и расчетная конечно-элементная модель представлены на рис. 2.

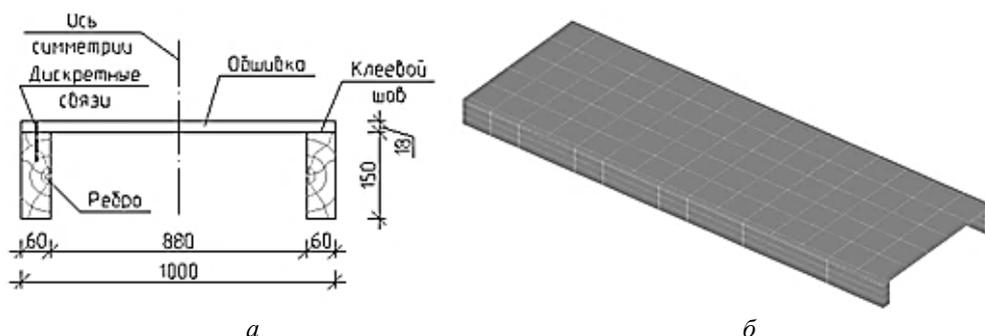


Рис. 2. К выбору расчетной схемы панели: *а* – схема поперечного сечения панели перекрытия; *б* – расчетная модель панели перекрытия, составленная из прямоугольных конечных элементов

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно [1] степень неравномерности распределения напряжений в обшивках панелей оценивали коэффициентом приведения:

$$k_{об} = \frac{\sigma_x^{cp}}{\sigma_x^{max}}; \tag{1}$$

где σ_x^{cp} – среднее нормальное напряжение по всей ширине обшивки в поперечном сечении панели,

$$\sigma_x^{cp} = \frac{1}{b_{об}} \int_a^{b_{об}} \sigma_x dy \approx \frac{1}{b_{об}} \sum_{i=1}^n \sigma_x^i \Delta y_i; \tag{2}$$

$b_{об}$ – фактическая ширина сечения панели;

σ_x^i – нормальное напряжение в каждой точке по ширине поперечного сечения;

Δy_i – бесконечно малая ширина участка между точками измерения напряжений;

σ_x^{max} – максимальное нормальное напряжение.

Расчетная (приведенная) ширина сечения панели вычисляется путем умножения фактической ширины $b_{факт}$ на коэффициент приведения $k_{об}$.

На рис. 3 представлен характер распределения нормальных напряжений σ_x в обшивке панелей с разными типами связей, на рис. 4 – нормальных сжимающих напряжений σ_x в обшивке в наиболее нагруженном сечении панели (середина пролета).

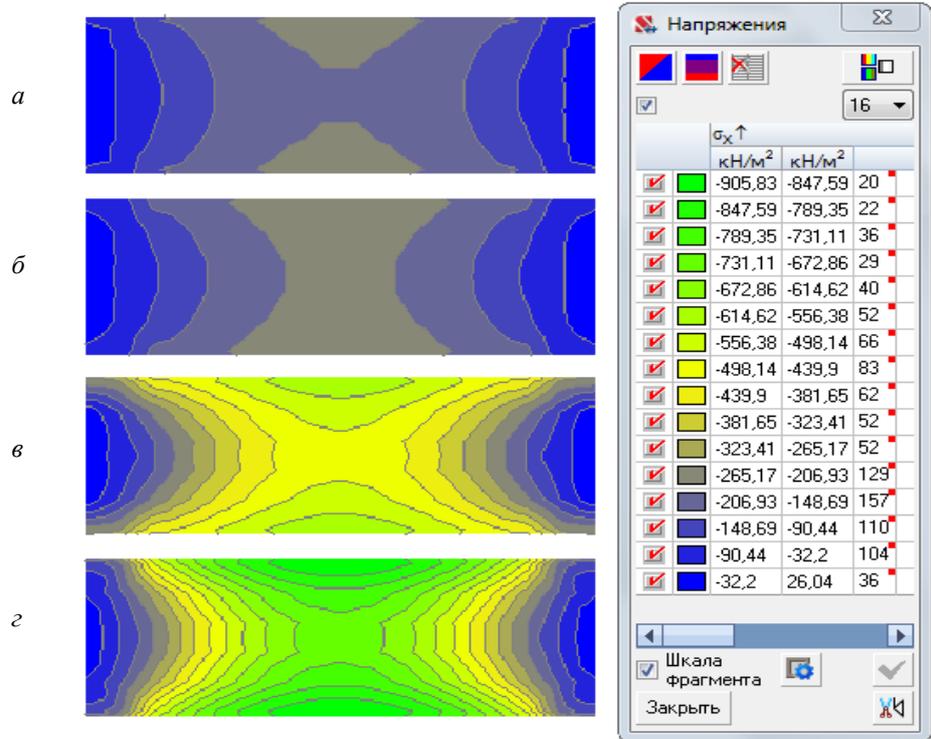


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений в обшивке панелей при различных вариантах крепления: *а* – соединение с винтами диаметром 4 мм; *б* – 6 мм; *в* – комбинированное соединение (зубчатая (клеевая) шайба «Bulldog» + винты диаметром 4 мм); *г* – жесткое (клеевое) соединение

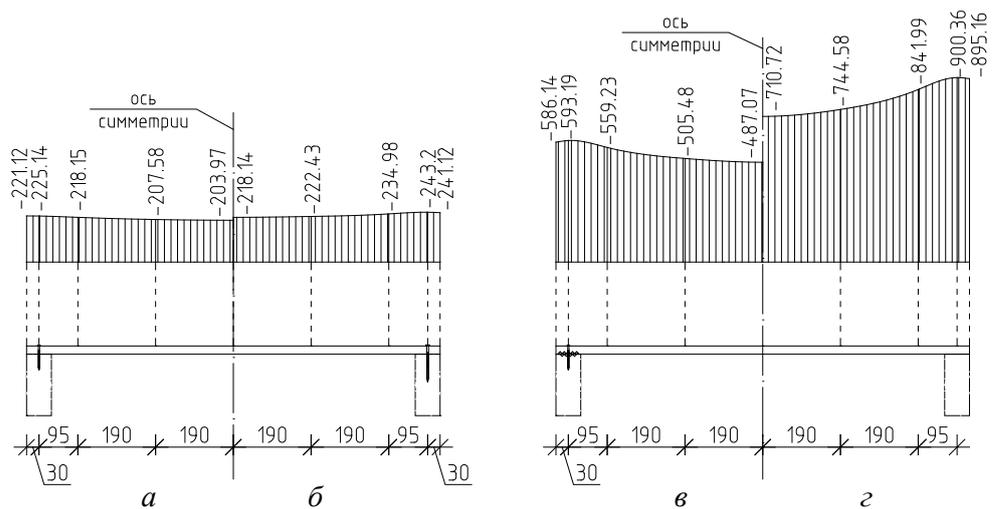


Рис. 4. Распределение нормальных сжимающих напряжений σ_x в обшивке панелей при различных вариантах крепления (см. обозначения в подписи к рис. 3)

Коэффициенты приведения обшивки в зависимости от типа соединения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние напряжений в обшивке на коэффициенты приведения в зависимости от типа связей

Тип связей	Напряжение в обшивке, МПа			
	максимальное σ_x^{\max}	среднее σ_x^{cp}	Коэффициент приведения обшивки	
			$k_{\text{об}}^{\text{теор}}$	$k_{\text{об}}^{\text{н}}$
Винты диаметром, мм:				
4	-0,225 (25 %)	-0,212 (27 %)	0,942	0,90
6	-0,243 (27 %)	-0,228 (29 %)	0,936	0,90
Комбинированное соединение с шайбой «Bulldog»	-0,593 (66 %)	-0,528 (67 %)	0,891	0,85
Жесткое (клеевое) соединение	-0,900 (100 %)	-0,786 (100 %)	0,872	0,80

Примечание. В скобках здесь и далее, в табл. 2, приведено процентное соотношение показателей по отношению к панели с жестким клеевым соединением обшивки и ребер.

Исходя из возможных дефектов материалов значения коэффициентов приведения $k_{\text{об}}^{\text{н}}$ обшивки приняты ниже теоретических $k_{\text{об}}^{\text{теор}}$. Расчетную ширину обшивки определяли по формуле

$$b_{\text{прив}} = k_{\text{об}} b_{\text{п}}, \quad (3)$$

где $b_{\text{п}}$ – фактическая (габаритная) ширина обшивки.

Доля участия обшивки в работе панели при податливом соединении может быть учтена путем введения коэффициентов составности $k_{\text{ж}}$ (к моменту инерции для расчета на прогиб) и k_{w} (к моменту сопротивления для расчета на прочность) [3]:

$$J_{\text{расч}} = k_{\text{ж}} J_0; \quad (4)$$

$$W_{\text{расч}} = k_{\text{w}} W_0, \quad (5)$$

где

$$k_{\text{ж}} = \frac{f_{\text{цел}}}{f_{\text{под}}}; \quad (6)$$

$$k_{\text{w}} = \frac{\sigma_{\text{цел}}}{\sigma_{\text{под}}}; \quad (7)$$

$f_{\text{цел}}, \sigma_{\text{цел}}$ – прогиб и напряжение в панели цельного сечения;

$f_{\text{под}}, \sigma_{\text{под}}$ – прогиб и напряжение в ребре панели с податливыми связями обшивки и ребер, определяемые по результатам расчета (табл. 2);

J_0, W_0 – моменты инерции и сопротивления, рассчитанные для цельного сечения без учета податливости связей сдвига.

Таблица 2

**Влияние прогибов и напряжений на коэффициенты составности панели
в зависимости от типа связей**

Тип связей	Максимальные		Коэффициенты составности $\frac{k_{ж}}{k_{в}}$	
	прогиб, мм	напряжение в ребре σ_r , МПа	расчетные	рекомендуемые
Винты диаметром, мм: 4	5,81 (145,0 %)	4,463 (127,0 %)	<u>0,688</u>	<u>0,65</u>
			0,788	0,75
6	5,76 (144,0 %)	4,437 (126,2 %)	<u>0,694</u>	<u>0,65</u>
			0,792	0,75
Комбинированное соединение с шайбой «Bulldog»	4,78 (119,5 %)	3,938 (112,0 %)	<u>0,836</u>	<u>0,80</u>
			0,892	0,85
Жесткое (клеевое) соединение	4,00 (100,0 %)	3,515 (100,0 %)	<u>1,00</u> 1,00	<u>1,00</u> 1,00

В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением сдвиговой жесткости связей коэффициент приведения обшивки для таврового сечения уменьшается: $0,872 < 0,891 < 0,936 < 0,942$ (см. табл. 1). Однако значения нормальных сжимающих напряжений резко увеличиваются как для участков обшивки в зоне ребер, так и в середине поперечного сечения. Для рассмотренных типов связей средние значения нормальных (по модулю) напряжений σ_x составили, МПа: 0,212 – для винтов диаметром 4 мм; 0,228 – 6 мм; 0,528 – для комбинированного соединения с когтевыми шайбами «Bulldog»; 0,786 – для жесткого клеевого соединения; максимальные значения напряжений, МПа – соответственно 0,225; 0,243; 593; 0,900. Рост жесткости сдвиговых связей позволяет увеличить коэффициенты составности панели $k_{ж}$ и $k_{в}$. Наименьшее значение коэффициентов соответствует панели, в которой ребра и обшивка соединены винтами диаметром 4 мм; применение винтов диаметром 6 мм позволило незначительно увеличить коэффициенты составности соответственно на 0,9 и 0,5 %. Использование комбинированного соединения (винты диаметром 4 мм + когтевые шайбы «Bulldog») привело к увеличению данных коэффициентов на 22 и 13 % соответственно. Повышение жесткости связей сдвига уменьшило напряжения в растянутой зоне ребер исследуемых панелей, однако при увеличении диаметра винтов данный «эффект» незначителен (напряжения уменьшились на 0,6 %). При использовании соединений с когтевыми шайбами снижение нормальных напряжений σ_x составило 12 %. С учетом того, что в древесине ребер допускаются различные пороки и дефекты и имеется 4...5 %-е снижение характеристик, можно округлить значения коэффициентов $k_{ж}$ и $k_{в}$ до рекомендуемых величин, приведенных в табл. 2.

Выводы

1. Увеличение сдвиговой жесткости соединений элементов обшивки и деревянных ребер панели на деревянном каркасе с обшивкой из OSB приводит к росту нормальных напряжений в обшивке, при этом уменьшается степень неравномерности распределения нормальных напряжений, что необходимо учитывать в расчетах.

2. Увеличение диаметра винтов от 4 до 6 мм не выявило существенного (на 2 %) увеличения средних и максимальных нормальных напряжений в обшивке. Применение комбинированных соединений с когтевыми шайбами «Bulldog» привело к значительному (около 40 %) повышению средних и максимальных нормальных напряжений в обшивке панели (по сравнению с соединением на винтах диаметром 4 мм).

3. При использовании нового типа комбинированного соединения степень участия обшивки в общей работе конструкции значительно возрастает, что подтверждают полученные коэффициенты составности. По сравнению с соединением на винтах диаметром 4 мм использование комбинированного соединения с когтевыми шайбами «Bulldog» позволяет увеличить эти коэффициенты на 22 и 13 % и снизить прогиб панели и напряжения в ребрах на 21 и 14 % соответственно.

4. Рекомендуемые значения коэффициентов составности $k_{ж}$ и k_w с учетом возможных пороков и дефектов пиломатериалов можно принять: для соединений с винтами диаметром 4...6 мм – 0,65 и 0,75, для комбинированных соединений с когтевыми шайбами и винтами диаметром 4 мм – соответственно 0,80 и 0,85.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жаданов В.И. Малоэтажные здания и сооружения из совмещенных ребристых конструкций на основе древесины: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2008. 38 с.

2. Кавелин А.С. Исследование работы на сдвиг гвоздевого соединения обшивки и ребра деревянной стеновой панели // Строительство-2014. Современные проблемы промышленного и гражданского строительства: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: Ин-т пром. и гражд. стр-ва, 2014. С. 98–100.

3. Карельский А.В. Технология изготовления составных деревянных конструкций с металлическими зубчатыми пластинами: дисс. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2015. 138 с.

4. Карлсен Г.Г., Большаков В.В., Каган М.Е. Конструкции из дерева и пластмасс. М.: Стройиздат, 1975. 686 с.

5. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Микитаренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. Вычислительный комплекс SCAD. М.: СКАД СОФТ, 2007. 592 с.

6. Лабудин Б.В., Воронков С.А., Гмырина А.П., Русланова А.П. Исследование прочности стеновых панелей на деревянном каркасе для условий Крайнего Севера // Строительная наука – XXI век. Теория, образование, практика, инновации – Северо-Аркт. региону: сб. тр. Междунар. научно-техн. конф., г. Архангельск, 28–30 июня 2015 г. / Под ред. Б.В. Лабудина. СПб.: Свое издательство, 2015. 457 с.

7. Лабудин Б.В., Мелехов В.И., Хохлунов А.Н. Инженерный расчет ребристых плит покрытия с обшивками из древесно-композиционных материалов // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. № 24. С. 100–103.

8. Попов Е.В., Лабудин Б.В., Мелехов В.И. Испытание на сдвиг элементов деревянных конструкций, соединенных с применением зубчатых шайб «Bulldog» // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Междунар. акад. чтений. Курск: Курск. гос. ун-т, 2015. С. 189–198.

9. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*. М.: ОАО ЦПП, 2011. 80 с.

10. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22–81. М.: Стройиздат, 2011. 88 с.

11. Украинченко Д.А. Деревянные унифицированные панельные конструкции с клеодощатой обшивкой: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2011. 21 с.

12. Черных А.Г., Черных А.С., Коваль П.С., Григорьев К.С. Прочность и жесткость стеновых панелей на деревянном каркасе // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 171.

13. DIN EN 300–2006. Oriented Strand Boards (OSB). Definitions, classification and specifications. German version. EN 300:2006.

14. Grandmont Jean-Frédéric. Measurement of OSB properties and their variability for modeling purposes/ Jean-Frédéric Grandmont, ing. jr.

15. Karacabeyli Erol, Lau P., Henderson C.R., Meakes F.V., Deacon W. Design rated oriented strandboard in CSA standards // Canadian journal of civil engineering. 1996. P. 431–443.

Поступила 15.03.16

UDC 624.078.4+624.011.2

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.136

Effect of Shear Connections Rigidity in Calculating the Ribbed Panels on a Wooden Frame

E.V. Popov, Postgraduate Student

V.A. Filippov, Bachelor

V.I. Melekhov, Doctor of Engineering Sciences, Professor

B.V. Labudin, Doctor of Engineering Sciences, Professor

T.V. Tyurikova, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, 163002, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: EPV1989@yandex.ru

Ribbed plates and panels with coatings of leaf (MDF) materials are used in the construction of civil, industrial and agricultural buildings and structures. They are the universal enclosing and supporting structures and can be used as coatings, floorings, wall envelopes. Coating plates serve simultaneously as lintels, flooring, boarding, provide thermal protection of

buildings. They are characterized by commonality, high degree of prefabrication, factory inspection of the strength, acoustic and thermal insulation properties, low density of the used materials that reduce the cost of the building foundations. The plywood cost increases due to the rising cost of the raw materials and low efficiency of the output of finished products. The oriented strand boards – OSB-plates have been used as the cladding panel covers and floorings in recent years. The cost of these plates is below the plywood cost, as their raw material is mostly the wood of the soft-wooded broadleaved species. The article presents a study of the stress-strain state of the panels on a wooden frame with an OSB coatg with the variants of connecting with the ribs. A software computer complex “Scad Office 21.1” is used for the numerical experiment for the strength and deformation analysis of structures by the finite element method. The character of the stress distribution in the flooring panel cover, working as a part of the whole structure, as well as the effect of the shear connections rigidity on the stress distribution in the coating are determined. The effect of shear rigidity of compliant digital connections on the reduction coefficient, characterizing the uneven distribution of normal compressive stresses in the cross-section of a coating is determined; the composition coefficients, taking into account the compliance of connections in determining the deflection and the strength of composite structures, are obtained. The increase in the diameter of the screws without the additional reinforcing elements (claw-type washers) has no significant effect on the proportion of the covering involvement in the activity of the panel in bending. The use of the compounds with claw-type washers “Bulldog” contributes to the effective involvement of the compressed covering in the process.

Keywords: ribbed panel, rigid connection, adhesive bonding, digital connection, dowel joint, strength, deformability, compliance, composition.

REFERENCES

1. Zhadanov V.I. *Maloetazhnye zdaniya i sooruzheniya iz sovmeshchennykh rebriстыkh konstruksiy na osnove drevesiny*: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk [Low-Rise Buildings and Structures of the Combined Ribbed Constructions on the Basis of Wood: Dr. Eng. Sci. Diss. Abs.]. Krasnoyarsk, 2008. 38 p.
2. Kavelin A.S. Issledovanie raboty na sdvig gvozdevogo soedineniya obshivki i rebra derevyannoy stenovoy paneli [Research of the Work on a Shift of the Nailed Connection of Siding and a Rib of a Wooden Wall Panel]. *Stroitel'stvo – 2014. Sovremennye problemy promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Building – 2014. Modern Problems of Industrial and Civil Construction: Proc. Intern. Sci. Pract. Conf.]. Moscow, 2014, pp. 98–100.
3. Karel'skiy A.V. *Tekhnologiya izgotovleniya sostavnykh derevyannykh konstruksiy s metallichesкими zubchatymi plastinami*: dis. ... kand. tekhn. Nauk [Manufacturing Technology of Composite Wood Structures with Punched Metal Plates: Cand. Eng. Sci. Diss.]. Arkhangelsk, 2015. 138 p.
4. Karlsen G.G., Bol'shakov V.V., Kagan M.E. *Konstruksii iz dereva i plastmass* [Structures of Wood and Plastic]. Moscow, 1975. 686 p.
5. Karpilovskiy B.C., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A., Nikitarenko M.A. Perel'muter A.V., Perel'muter M.A. *Vychislitel'nyy kompleks SCAD* [The Computing Complex SCAD]. Moscow, 2014. 592 p.

6. Labudin B.V., Voronkov S.A, Gmyrina A.P., Ruslanova A.P. Issledovanie prochnosti stenovykh paneley na derevyannom karkase dlya usloviy Kraynego Severa [Research of the Strength of Wall Panels on a Wooden Frame for the Far North]. *Stroitel'naya nauka – XXI vek. Teoriya, obrazovanie, praktika, innovatsii – Severo-Arkticheskomu regionu: sb. tr. Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf., g. Arkhangel'sk, 28–30 iyunya 2015 g.* [Construction Science – XXI Century. Theory, Education, Practice, Innovation to the North-Arctic Region: Proc. Intern. Sci. Eng. Conf., Arkhangel'sk, 28–30 June, 2015]. St. Petersburg, 2015. 457 p.

7. Labudin B.V., Melekhov V.I., Khokhlunov A.N. Inzhenernyy raschet rebristyykh plit pokrytiya s obshivkami iz drevesno-kompozitsionnykh materialov [Engineering Calculation of Ridge Cover Plates with the Shells of Wood-Composite Materials]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2009, no. 24, pp. 100–103.

8. Popov E.V., Labudin B.V., Melekhov V.I. Ispytanie na sdvig elementov derevyannykh konstruksiy, soedinennykh s primeneniem zubchatykh shayb “Bulldog” [Testing of the Shear Elements of Wooden Structures, Coupled with the Use of Claw Plates “Bulldog”]. *Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii. Problemy i resheniya* [Security of the Russian Building Fund. Problems and Solutions]. Kursk, 2015, pp. 189–198.

9. *SP 20.13330.2011. Nagruzki i vozdeystviya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.01.07–85** [Building Regulation 20.13330.2011. Loads and Effects. The Updated Edition of SNIp 2.01.07-85 *]. Moscow, 2011. 80 p.

10. *SP 64.13330.2011. Derevyannye konstruksii. Aktualizirovannaya re-daktsiya SNIp II-22–81* [Building Regulation 64.13330.2011. Wooden Structures. The Updated Edition of SNIp II-22-81]. Moscow, 2011. 88 p.

11. Ukrainchenko D.A. *Derevyannye unifitsirovannye panel'nye konstruksii s klee-doshchatoy obshivkoy: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Wooden Unified Panel Constructions with Glued Board Sheathing: Cand. Eng. Sci. Diss. Abs.]. Orenburg, 2011. 21 p.

12. Chernykh A.G., Chernykh A.S., Koval' P.S., Grigor'ev K.S. Prochnost' i zhestkost' stenovykh paneley na derevyannom karkase [The Strength and Stiffness of the Wall Panels on a Wooden Frame]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2012, no. 3. 171 p.

13. *DIN EN 300–2006. Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, Classification and Specifications*. German Version. EN 300:2006.

14. Grandmont Jean-Frédéric. *Measurement of OSB Properties and Their Variability for Modeling Purposes*. 2008.

15. Karacabeyli Erol, Lau P., Henderson C.R., Meakes F.V., Deacon W. Design Rated Oriented Strandboard in CSA Standards. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 1996, pp. 431–443.

Received on March 15, 2016



УДК 676.274

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.147

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДИСПЕРСИЙ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ МЕЛОВАНИИ БУМАГИ И КАРТОНА

Ю.А. Князева, асп., мл. науч. сотр.

Л.Г. Махотина, д-р техн. наук, проф.

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, ул. Ивана Черных, д. 4, С.-Петербург, Россия, 198095; e-mail: lusi_makhotina@mail.ru, yuhuh@yandex.ru

Мелованные виды бумаги и картона получают путем нанесения на основу меловальной суспензии, в композицию которой входят пигменты, полимеры-связующие и технологические добавки. На изменение физико-механических и прочностных свойств как всего материала, так и покрытия оказывают влияние полимеры-связующие. На российском рынке в качестве связующих при меловании бумаги и картона используют в основном импортные латексы (дисперсии). В то же время укрепляются позиции российских производителей синтетических дисперсий, которые прочно завоевывают рынок лакокрасочной промышленности. Целью данной работы является исследование возможности использования синтетических дисперсий российского производства в качестве связующих при меловании бумаги. В работе рассматривается влияние мономерного состава, природы эмульгирующей системы и функциональных мономеров, используемых при синтезе стирол-акриловых дисперсий, на физико-механические, печатные и оптические свойства чистоцеллюлозной мелованной бумаги. Меловальное покрытие наносили на универсальной пилотной установке с помощью шабер-жесткого лезвия. Исследования образцов мелованной бумаги проводили в соответствии с международными стандартами ИСО. Наилучшие показатели по требуемым свойствам для чистоцеллюлозной мелованной бумаги наблюдаются у образцов, для которых в качестве связующих использовали дисперсии с температурой стеклования 0 °С, двойной системой (анионного и неионогенного) эмульгаторов и функциональных мономеров с амино-, силоксановыми группами. Результаты показывают возможность разработки рецептуры стирол-акрилатных дисперсий, обеспечивающих показатели качества мелованной бумаги на том же уровне, который достигается при использовании импортных дисперсий.

Ключевые слова: мелованная бумага, синтетические дисперсии, стирол-акрилатная дисперсия, латекс, показатели качества, прочность поверхности.

Введение

В настоящее время мировой суммарный объем производства бумаги и картона превышает 400 млн т/год [2]. По данным «Pulp and Paper product

сouncil» объем рынка белых видов бумаги в 2012 г. составил 94,3 млн т. Мировой рынок мелованных видов бумаги и картона в 2000 г. оценивался в 42,87 млн т, в 2011 г. – в 43,25 млн т, из них спрос на мелованные чистоцеллюлозные виды бумаги (МЧЦБ) составлял около 25 млн т [7]. В России с 2002 г. по 2011 г. объем потребления МЧЦБ увеличился в 4 раза [8]. Согласно анализу консалтинговой фирмы «POYRY», в России в 2016 г. объем рынка мелованных видов бумаги составит около 250 тыс. т, в 2014–2016 гг. средний темп роста спроса на МЧЦБ будет на уровне 4,6 % [13].

Мелованные виды бумаги и картона получают путем нанесения меловальной суспензии на основу для повышения оптических, печатных и физико-механических свойств [10]. В композицию меловальной суспензии входят пигменты, полимеры-связующие и технологические добавки.

На изменение физико-механических и прочностных свойств в процессе мелования бумаги-основы (как всего материала, так и покрытия) в основном оказывают влияние полимеры-связующие [11]. На российском рынке в качестве связующих при меловании бумаги используются импортные латексы (дисперсии). В то же время укрепляются позиции российских производителей синтетических дисперсий, которые прочно завоевывают эту нишу на рынке лакокрасочной продукции.

Цель данной работы – исследование возможности использования синтетических дисперсий российского производства в качестве связующих при меловании бумаги и картона.

Методическая часть

Для получения образцов мелованной продукции использовали универсальную установку фирмы «Sumet-Messtechnik» [6]. Регулирование технологических параметров системы нанесения покрытия, воздушной и инфракрасной сушки позволяет в лабораторных условиях имитировать промышленные технологии мелования [12].

Для нанесения покрытия готовили меловальные суспензии по рецептуре, применяемой в настоящее время при двухслойном меловании чистоцеллюлозной бумаги. Покрытие наносили на бумагу-основу массой 80 г/м² с помощью шабера-жесткого лезвия.

Для исследования физико-механических, печатных и оптических свойств мелованной продукции использовали стандартные неразрушающие и разрушающие методы испытания бумажной продукции. Исследования проводили в соответствии с международными стандартами ИСО.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Одними из важнейших показателей качества мелованных видов бумаги, которые зависят от выбора связующего, являются прочность поверхности на выщипывание; глянец, или лоск; модуль упругости; сопротивление продавливанию [9].

При исследовании печатных и физико-механических свойств мелованной бумаги (рис. 1, 2), где в качестве связующего использовали российские латексы, применяемые в лакокрасочной промышленности, установлено, что показатели прочности поверхности на выщипывание не достигают уровня, обеспечиваемого импортными стирол-акриловыми дисперсиями [1]. Значения таких показателей, как лоск, модуль упругости и сопротивление продавливанию, приближаются к показателям качества мелованной бумаги, полученной при использовании импортного латекса.

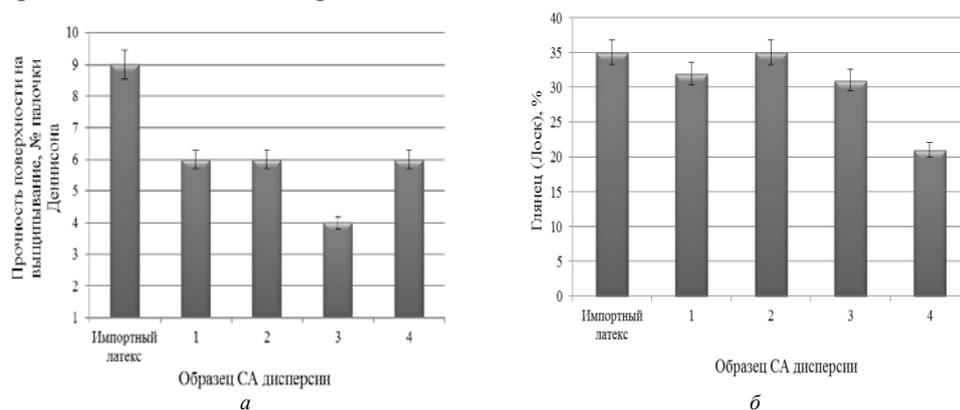


Рис. 1. Гистограммы зависимости печатных свойств бумаги с двухслойным меловальным покрытием от используемого образца стирол-акриловых дисперсий: *a* – прочность поверхности на выщипывание, № палочки; *б* – глянец по TAPPI T480 (лоск), %

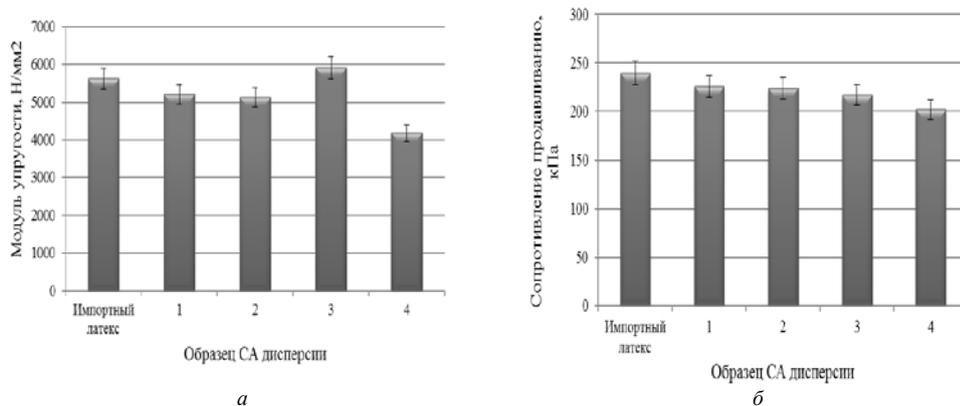


Рис. 2. Гистограммы зависимости физико-механических свойств бумаги с двухслойным меловальным покрытием от используемого образца стирол-акриловых дисперсий: *a* – модуль упругости, Н/мм²; *б* – сопротивление продавливанию, кПа

Известно, что основные свойства полимеров (температура стеклования $T_{ст}$, минимальная температура пленкообразования), определяющие физико-механические и печатные свойства покрытий на их основе, в большей степени зависят от структуры основной и боковых цепей полимерной макромолекулы, от вида и количества функционального мономера и эмульгатора [4]. В связи с этим было исследовано влияние мономерного состава дисперсий на показатели качества мелованной бумаги.

Для исследования на российской фирме, являющейся ведущим производителем синтетических дисперсий, были синтезированы стирол-акрилатные дисперсии, которые отличались соотношением мономеров. В результате синтеза были получены дисперсии с различной температурой стеклования сополимера.

Известно, что за счет комбинации сомономерного состава (где бутилакрилат (БА) – «мягкий полимер», имеющий $T_{ст} = -54$ °С, стирол (СТ) – «жесткий полимер», имеющий $T_{ст} = 100$ °С) можно варьировать $T_{ст}$ сополимера и, в случае его использования в качестве связующего, придавать необходимые характеристики меловальному покрытию. С увеличением $T_{ст}$ происходит переход от более мягких сополимеров к более жестким [4].

Влияние мономерного состава при синтезе стирол-акриловых дисперсий на показатели качества мелованной бумаги приведены на рис. 3, 4.

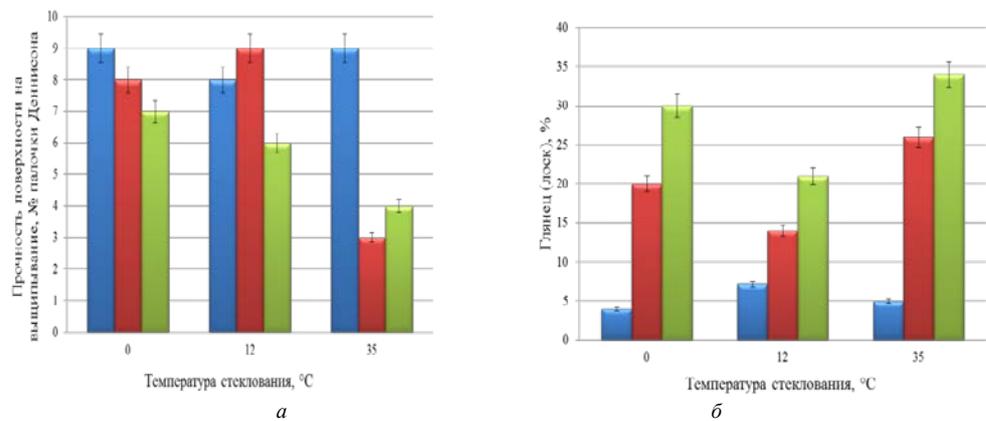


Рис. 3. Гистограммы зависимости печатных свойств бумаги с двухслойным меловальным покрытием от температуры стеклования стирол-акриловых сополимеров (здесь и далее, на рис. 4–8, для грунтовочного (синий), верхнего (красный) и двухслойного (зеленый) покрытий): *a* – прочность поверхности на выщипывание, № палочки; *б* – глянец по TAPPI T480 (гласк), %

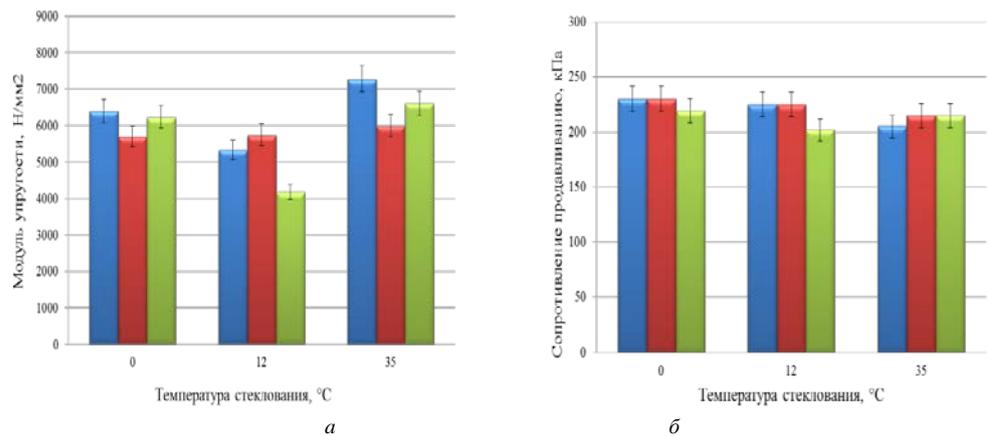


Рис. 4. Гистограммы зависимости физико-механических свойств бумаги с двухслойным меловальным покрытием от температуры стеклования стирол-акриловых сополимеров (см. обозначения на рис. 3): *a* – модуль упругости, Н/мм²; *б* – сопротивление продавливанию, кПа

Анализ полученных данных показал, что при увеличении температуры стеклования сополимеров, т. е. при увеличении содержания стирола, прочность поверхности на выщипывание бумаги с двухслойным меловальным покрытием снижается. Значения сопротивления продавливанию, лоска и модуля упругости проходят через минимум при $T_{ст} = 12$ °С, затем увеличиваются.

Такой характер влияния объясняется тем, что БА в сополимере обеспечивает высокую адгезионную способность к целлюлозе и пигментам, придает эластичность и гибкость, СТ – лоск и жесткость [5].

На свойства мелованной продукции также влияет природа эмульгирующей системы. Эмульгаторы – это обычно сочетание ионных и неионных поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые обеспечивают коллоидную стабильность сополимерной дисперсии и ее совместимость с пигментами и другими компонентами меловальной суспензии. В качестве эмульгаторов синтетических дисперсий используют ПАВ, состоящие из гидрофобной длинноцепной органической части и гидрофильной «головной» группы. Для равномерного распределения в водной среде гидрофобных мономеров латекса необходимо добавлять ПАВ, которые имеют амфифильные свойства: гидрофильной частью они «поворачиваются» к воде, гидрофобной – к мономеру. За счет такой двойственности происходит равномерное распределение частиц полимера в воде. ПАВ, накапливаясь на поверхности жидкой фазы (границе раздела жидкость–воздух), понижают поверхностное натяжение системы [3].

Природа и количество эмульгатора также позволяют контролировать размер частиц и вязкость дисперсий. Размер частиц дисперсии влияет на многие важные свойства меловальной суспензии и покрытия, например на такие, как пленкообразующая способность, способность проникать в пористую основу и блеск. Кроме того, размер частиц сильно сказывается на площади внутренней поверхности системы и таким образом определяет необходимое количество стабилизатора.

Поверхностное натяжение дисперсий при одинаковом размере частиц зависит в основном от полярности полимера, природы и количества гидрофильных сомономеров и поверхностно-активных компонентов (эмульгаторов). Эффективное смачивание основы и получение бездефектного покрытия можно гарантировать только в том случае, если дисперсия имеет достаточно низкое поверхностное натяжение [3].

Однако эмульгатор латексных частиц снижает их адгезию в процессе коалесценции (слияния частиц внутри жидкости, газа или на поверхности тела) и уменьшает стойкость поверхности мелованной бумаги к выщипыванию. Поэтому при меловании необходимо применять в качестве связующих дисперсии с минимальным количеством эмульгатора [4].

Влияние природы эмульгирующих систем, которые использовали при синтезе стирол-акриловых дисперсий, на показатели качества мелованной бумаги представлены на рис. 5, 6.

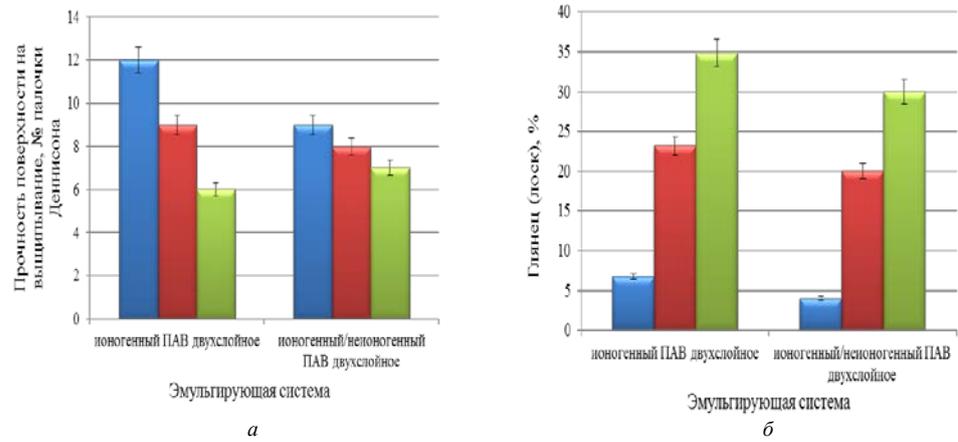


Рис. 5. Гистограммы зависимости печатных свойств бумаги с двухслойным меловальным покрытием от вида эмульгирующей системы стирол-акриловых сополимеров (см. обозначения на рис. 3): *a* – прочность поверхности на выщипывание, № палочки; *б* – глянец по TAPPI T480 (лоск), %

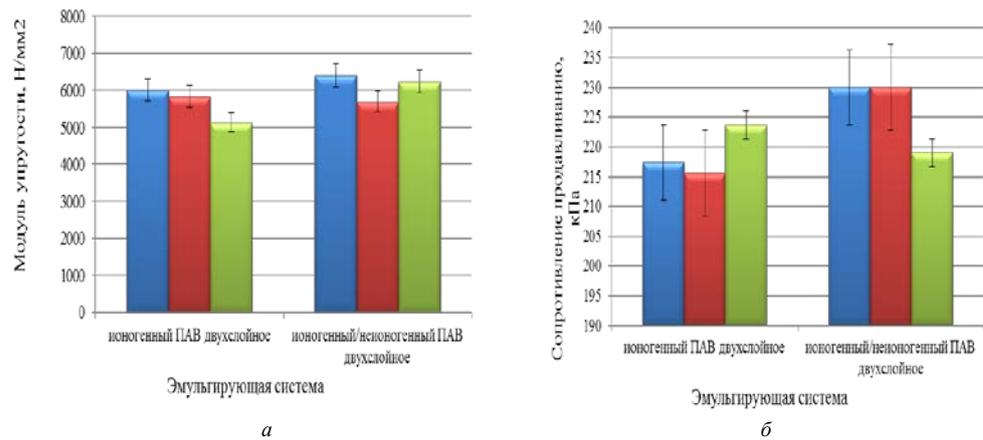


Рис. 6. Гистограммы зависимости физико-механических свойств бумаги с двухслойным мелованием от вида эмульгирующей системы стирол-акриловых сополимеров (см. обозначения на рис. 3): *a* – модуль упругости, Н/мм²; *б* – сопротивление продавливанию, кПа

Исследования показали, что наиболее высокие значения прочности поверхности на выщипывание, сопротивления продавливанию и модуля упругости получены при использовании двухкомпонентной эмульгирующей системы за счет совместного взаимодействия, так как ионогенный ПАВ отвечает за размер полимерных частиц, неионогенной – за стабилизацию системы.

Функциональные мономеры вводятся в композицию при синтезе сополимерных дисперсий для обеспечения специальных свойств. В данной работе использовали мономеры с амино-, силоксановыми, карбоксильными функциональными группами для увеличения прочности поверхности мелованной бумаги.

Результаты исследования влияния количества функциональных мономеров на свойства МЧЦБ представлены на рис. 7, 8.

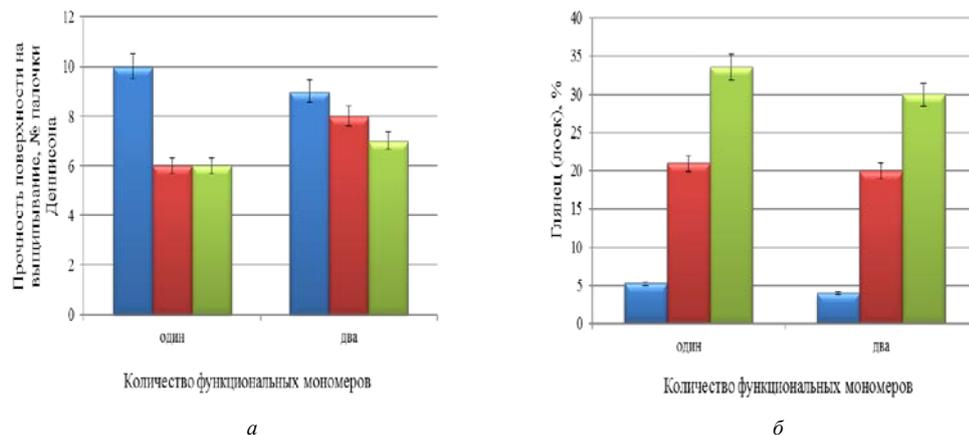


Рис. 7. Гистограммы зависимости печатных свойств бумаги с двухслойным меловальным покрытием от количества функциональных мономеров у стирол-акриловых сополимеров (см. обозначения на рис. 3): *а* – прочность поверхности на выщипывание, № палочки; *б* – глянец по TAPPI T480 (доска), %

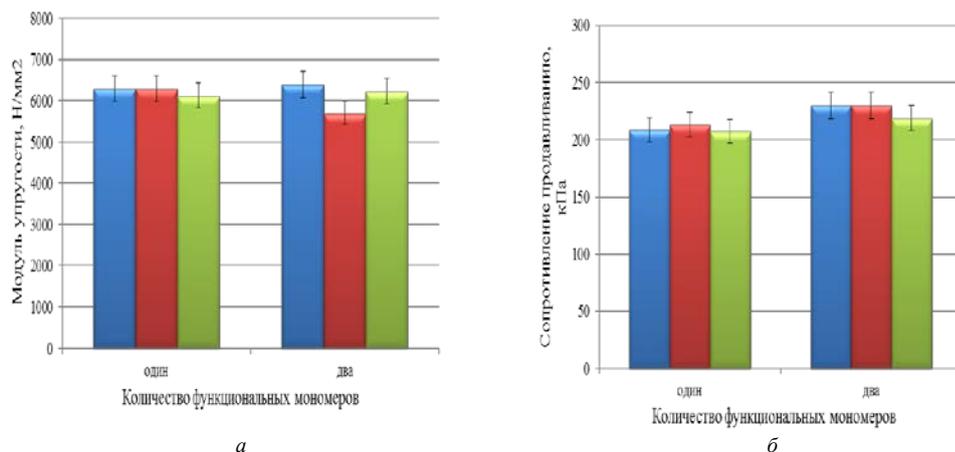


Рис. 8. Гистограммы зависимости физико-механических свойств бумаги с двухслойным меловальным покрытием от количества функциональных мономеров у стирол-акриловых сополимеров (см. обозначения на рис. 3): *а* – модуль упругости, Н/мм²; *б* – сопротивление продавливанию, кПа

На гистограммах (рис. 7, 8) показатели прочности поверхности, сопротивления продавливанию, модуля упругости выше при наличии двух функциональных мономеров. Такой характер объясняется тем, что введение мономеров с amino-, силоксановыми, карбоксильными функциональными группами улучшает адгезию к основе и пигментам за счет образования дополнительных водородных связей. Сопротивление продавливанию также увеличивается, так как при наличии в композиции двух видов функциональных мономеров

получается более прочное и жесткое покрытие. Исследование влияния вида функционального мономера показало, что при наличии двух функциональных мономеров лоск ниже. Возможно, это связано с тем, что при использовании двойной системы функциональных мономеров формируется покрытие с менее однородной структурой, обеспечивающей большее светорассеяние.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что наилучшие показатели для МЦЦБ имеют образцы, для которых в качестве связующих использовали стирол-акрилатные дисперсии с температурой стеклования 0 °С, двойной системой (анионного и неионогенного) эмульгаторов и функциональных мономеров с амино-, силоксановыми группами. Полученные результаты показали возможность достижения при использовании предложенной рецептуры стирол-акрилатных дисперсий показателей качества мелованной бумаги на том же уровне, который обеспечивается импортными дисперсиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21444. Бумага мелованная. Технические условия (с изменениями № 1, 2, 3). М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1975. 18 с.
2. Ежегодный обзор рынка лесных товаров: аналит. обзор 2011-2012 гг. Нью-Йорк, Женева: ЕЭК ООН(ФАО), 2012. 240 с.
3. *Еркова Л.Н., Чечик О.С.* Латексы. Л.: Химия, 1983. 224 с.
4. *Казакова Е.Е., Скороходова О.Н.* Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. М.: Пэйнт-Медиа, 2003. 136 с.
5. *Князева Ю.А., Махотина Л.Г.* Исследование возможности повышения прочности мелованных видов бумаги // Тр. 3-й Междун. конф. «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов». Архангельск: Изд-во САФУ, 2015. С. 3.
6. *Князева Ю.А., Махотина Л.Г.* Технология повышения печатных и оптических свойств целлюлозных композиционных материалов из небеленых волокнистых полуфабрикатов путем нанесения меловальных покрытий // Дизайн. Материалы. Технология. 2015. №5. С. 119.
7. *Парадеев Е.* Стратегия Группы «Илим»: рынок мелованных бумаг. М., 2012. URL: http://sbopaper.ru/upload/pdf/Ilim_2012.11.30.pdf (дата обращения: 01.02.2015).
8. Российский рынок бумаги для печати. Состояние, тенденции и перспективы развития: отраслевой докл. М.: Федеральное агентство по печати и коммуникациям, 2012. 114 с.
9. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3-х т. Т. 2: Производство бумаги и картона, ч. 2: Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. СПб.: Политехника, 2006. С. 499.
10. *Lehtinen E.* Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI, 2000. 810 p.
11. *Smith M.* Influence structure of suspension on quality coting papers // TAPPI J. 2001. №1. P. 104–108.
12. *Smook G.* Handbook for Pulp & Paper Technologists. Vancouver: TAPPI PRESS, 2002. 419 p.

13. World paper markets up to 2020. Executive report 2005 / Jaakko Poyry consulting, 2005. 241 p.

Поступила 31.08.15.

UDC 676.274

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.147

Study of the Use of Russian-Manufactured Synthetic Dispersions in Paper and Cardboard Coating

Yu.A. Knyazeva, Postgraduate Student, Research Assistant

L.G. Makhotina, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, I. Chernykh str., 4, Saint Petersburg, 198095, Russian Federation; e-mail: lusi_makhotina@mail.ru, yuhuh@yandex.ru

The coating suspension consisting of colors, polymer-binders and processing aids is applied on the base to produce coated paper and cardboard. The polymer binding substances influence on the change in the physical and mechanical and strength properties of the material and the coating. The Russian market uses imported latexes (dispersions) as a binder in the paper and cardboard coating process. At the same time the position of the Russian producers of synthetic dispersions, which firmly gain the market of the paint industry, becomes more active. The work objective is the research of using of Russian-manufactured synthetic dispersions as the binders in the coating of paper. The article considers the influence of the monomer composition, the nature of the emulsifying system and the functional monomers in the synthesis of styrene acrylic dispersions on the physical and mechanical, printing and optical properties of woodfree coated paper. The coating was applied at a universal pilot plant by a scraper – stiff blade. The research of the samples of coated paper was carried out in accordance with the international ISO standards. The best indicators on the required properties for woodfree coated paper were observed in the samples with the dispersion binders of a glass transition temperature of 0 °C, the binary system (anionic and nonionic) of emulsifiers and functional monomers with amino-, siloxane groups. The results show the possibility of formulation of styrene-acrylate dispersions, providing the indicators of the coated paper quality at the same level as the imported dispersions.

Keywords: coated paper, synthetic dispersion, styrene-acrylate dispersion, latex, quality indicator, surface stability.

REFERENCES

1. GOST 21444. *Bumaga melovannaya. Tekhnicheskie usloviya (s izmeneniyami № 1, 2, 3)* [State Standard 21444. Coated Paper. Specifications (as Amended no. 1, 2, 3)]. Moscow, 1975. 18 p.
2. *Ezhegodnyy obzor rynka lesnykh tovarov: analit. obzor 2011–2012 gg.* [Annual Forest Product Market Review: Analytical Review of 2011–2012]. NewYork; Geneva, 2012. 240 p.
3. Erkova L.N., Chechik O.S. *Lateksy* [Latexes]. Leningrad, 1983. 224 p.

4. Kazakova E.E., Skorokhodova O.N. *Vodno-dispersionnye akrilovye lakokrasochnye materialy stroitel'nogo naznacheniya* [Construction Water-Dispersion Acrylic Paints]. Moscow, 2003. 136 p.
5. Knyazeva Yu.A., Makhotina L.G. Issledovanie vozmozhnosti povysheniya prochnosti melovannykh vidov bumagi [The Possibility of Strength Enhancement of Coated Paper]. *Trudy 3 Mezhdun. konf. "Problemy mekhaniki tsellyulozno-bumazhnykh materialov"* [Proc. 3rd Int. Conf. "Problems of Mechanics of Pulp and Paper Materials"]. Arkhangel'sk, 2015. P. 3.
6. Knyazeva Yu.A., Makhotina L.G. Tekhnologiya povysheniya pechatnykh i opticheskikh svoystv tsellyuloznykh kompozitsionnykh materialov iz nebelennykh voloknistykh polufabrikatov putem naneseniya meloval'nykh pokrytiy [The Enhancement Technology of Printing and Optical Properties of Cellulose Composite Materials from Unbleached Fiber Semi-Finished Products by Applying the Coatings]. *Dizayn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology], 2015, no. 5. P. 119.
7. Paradeev E. *Strategiya Gruppy «Ilim»: rynek melovannykh bumag* [The Ilim Group Strategy: the Market of Coated Paper]. Moscow, 2012. Available at: http://sbopaper.ru/upload/pdf/Ilim_2012.11.30.pdf (accessed 01.02.2015).
8. *Rossiyskiy rynek bumagi dlya pechaty. Sostoyanie, tendentsii i perspektivy razvitiya: otraslevoy dokl.* [The Russian Market of Paper for Printing. Status, Trends and Prospects of Development]. Moscow, 2012. 114 p.
9. *Tekhnologiya tsellyulozno-bumazhnogo proizvodstva. V 3-kh t. T. 2: Proizvodstvo bumagi i kartona, ch. 2: Osnovnye vidy i svoystva bumagi, kartona, fibry i drevesnykh plit* [Technology of Pulp and Paper Production. In 3 Volumes. Vol. 2: Manufacture of Paper and Cardboard, Part 2: Main Types and Properties of Paper, Cardboard, Fiber and Wood-Based Panels]. St. Petersburg, 2006. P. 499.
10. Lehtinen E. Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. *Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI*, 2000. 810 p.
11. Smith M. Influence of Structure of Suspension on Quality of Coating of Papers. *Tappi*, 2001, no. 1, pp. 104–108.
12. Smooki G. *Handbook for Pulp & Paper Technologists*. Vancouver, 2002. 419 p.
13. World Paper Markets up to 2020. *Executive Report 2005*. Jaakko Poyry consulting, 2005. 241 p.

Received on August 31, 2015

УДК 539.233

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.157

ВЛИЯНИЕ БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КАРТОНА

О.С. Михайлова, асп.¹

Е.В. Крякунова, канд. биол. наук, доц.¹

А.В. Канарский, д-р техн. наук, проф.¹

Я.В. Казаков, д-р техн. наук, проф.²

Т.Н. Манахова, канд. техн. наук, асс.²

Д.А. Дулькин, д-р техн. наук, проф.²

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Россия, 420015; e-mail: olga1.83@mail.ru, alb46@mail.ru

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: j.kazakov@narfu.ru

В целлюлозно-бумажной промышленности крахмал используется в качестве связующего вещества для повышения прочности картона при его поверхностной проклейке, проклейки в массе и как связующее вещество в составе мелованного покрытия. Для повышения показателей физико-механических свойств картона в технологии нередко применяют биомодификацию крахмала. Целью работы явилось изучение влияния биокаталитической обработки крахмала картофельного на показатели физико-механических свойств картона на основе макулатуры. В качестве целлюлозного носителя использовали картон лабораторного изготовления, состоящий на 70 % из листовой полуцеллюлозы и на 30 % из макулатурной массы МС-5Б (ГОСТ 10700–97). В качестве связующего вещества использовали крахмал картофельный, предварительно обработанный ферментами изоамилазой *Pseudomonas amyloclavata* или пуллулазой *Bacillus licheniformis* (*Optimax L-1000*). Образцы картона в виде квадрата с длиной стороны 14 см пропитывали крахмальным клейстером, обработанным ферментами в течение 3 ч при температуре 50 °С и постоянном перемешивании в расчете 200 ед. активности фермента на 1 г сухих веществ. Пропитанные целлюлозные носители высушивали конвективно на пластинах из органического стекла при комнатной температуре. Испытание материалов на растяжение проводили согласно ИСО 1924-2–85 на лабораторном испытательном комплексе, включающем разрывную машину ТС 101-0,56 (г. Иваново) и компьютер. В результате проведенных экспериментов было установлено, что предварительная обработка крахмала ферментом изоамилазой приводит к небольшому увеличению прочностных характеристик картона по сравнению с картоном, пропитанным неферментированным крахмалом, тогда как обработка крахмала пуллулазой снижает практически все исследованные показатели.

Ключевые слова: картон, крахмал, изоамилаза, пуллулаза, деформационные характеристики

Одним из основных видов сырья, применяемого в целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) для производства бумажно-картонной

продукции, является макулатура различных марок. Макулатура используется многократно, что приводит к значительной потере бумагообразующих свойств вторичного волокна и, следовательно, продукции из него [2, 3]. Один из экономически выгодных и эффективных в производстве способ повышения прочности и жесткости бумаги из вторичного сырья – добавление в массу связующих веществ [9], в частности крахмала. Крахмал находит широкое применение в ЦБП благодаря своим специфическим свойствам, относительно низкой цене и экологической чистоте. Внесение крахмала в массу снижает пыльность картона, повышает удержание наполнителей, улучшает и стабилизирует гидрофобизирующую проклейку. Одновременно повышаются практически все прочностные свойства картона: сопротивления разрыву, продавливанию, излому, истиранию, а также жесткость, упругость [10]. Другим важным и перспективным направлением использования крахмала в качестве связующего полимера для компонентов пропитываемой композиции является обработка бумаги и картона путем пропитки или поверхностной проклейки [4, 7].

Появляются новые тенденции развития в направлении разработки экологически безопасных технологий – применение в технологических процессах ЦБП ферментных препаратов [8]. Используемые биомодифицированные крахмалы по своим химическим и физическим свойствам подобны более дорогим синтетическим полимерам [1, 6].

При пропитке картона крахмальным клейстером одна часть крахмала впитывается в структуру материала, другая – формирует на поверхности пленку. Ферментативная обработка крахмала изменяет его структуру, и, как следствие, вязкость. Ранее было показано, что обработка ферментными препаратами приводит к значительному снижению вязкости крахмального клейстера. В частности, вязкость клейстера, подвергшегося 3-часовому действию фермента изоамилазы (*Pseudomonas amyloclavata*), уменьшалась в 4 раза относительно исходной, а обработка ферментом пуллулаказы (*Bacillus licheniformis*) снижала этот показатель более чем в 20 раз [5].

Результатом изменения вязкости крахмального клейстера является изменение, во-первых, соотношения впитавшегося и оставшегося на поверхности крахмала, во-вторых, характера связей между крахмалом и целлюлозными волокнами в структуре картона, в-третьих, способности материала сопротивляться прикладываемой нагрузке.

Деформационные свойства материала характеризуют кривые «нагрузка–удлинение», получаемые при испытании образцов материала при растяжении (рис. 1). Анализ диаграмм позволяет сделать вывод о том, что пропитка картона крахмалом изменяет характер его деформирования. Жесткость непропитанного картона (рис. 1, кривая 1) обеспечивается межволоконными силами связи и жесткостью фиксации волокон в структуре. Поэтому для макулатурных образцов максимальная жесткость отмечена не в начале кривой деформирования, а после распрямления волокон. Структура картона, пропитанного крахмалом и содержащего на поверхности крахмальную пленку, обеспечивает

повышенную жесткость при растяжении уже на начальном участке деформирования (рис. 1, кривые 2–4) за счет увеличения количества водородных связей между волокнами целлюлозы и гидроксильными группами крахмала. Дополнительный вклад в жесткость структуры вносит крахмальная пленка на поверхности картона, после разрушения которой при деформациях выше 0,1 мм резко снижается жесткость образца, что выражается в снижении угла наклона кривых деформирования.

Модификация крахмала изоамилазой (рис. 1, кривая 3) приводит к снижению начальной жесткости структуры из-за изменения соотношения количества крахмала внутри структуры и на поверхности. Некоторое снижение жесткости такого композиционного материала сопровождается увеличением растяжимости и, соответственно, динамической прочности.

Модификация крахмала пуллулазой (рис. 1, кривая 4) приводит не только к сохранению начальной жесткости структуры за счет пленки на поверхности, но и к снижению жесткости в области замедленно-упругих деформаций и в зоне предразрушения, а также к снижению растяжимости.

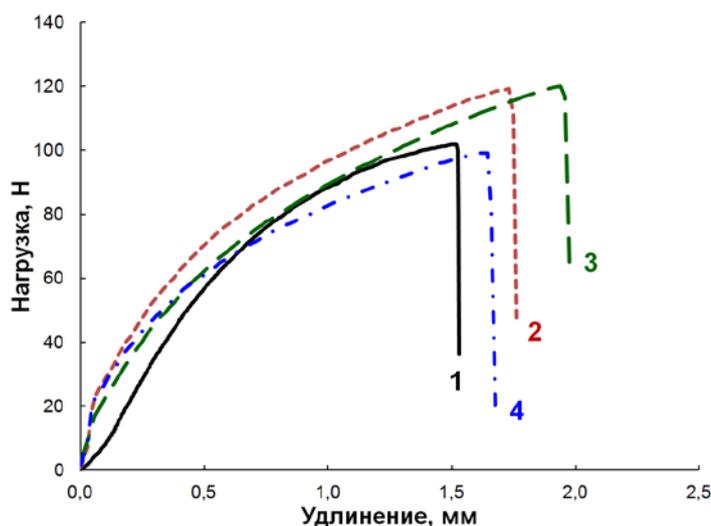


Рис. 1. Влияние ферментативной обработки крахмала картофельного на деформационное поведение картона при растяжении: 1 – картон без пропитки (контроль); 2 – пропитка неферментированным крахмалом; 3 – крахмалом, обработанным изоамилазой; 4 – пуллулазой

Прочностные и деформационные характеристики картона, пропитанного крахмалом картофельным после ферментативной обработки, представлены в таблице.

Изменение прочностных и деформационных свойств образцов картона после пропитки крахмалом картофельным

Свойства материала	Картон без пропитки (1)	Картон, пропитанный крахмалом		
		неферментированным (2)	ферментированным	
			изоамилазой (3)	пуллулазой (4)
Толщина, мкм	262	283	359	324
Масса м ² , г	119	140	140	136
Максимальная нагрузка, Н	102	119	120	99
Деформация при максимальной нагрузке, %	3,04	3,46	3,88	3,25
Максимальное напряжение, МПа	25,9	28,1	22,3	20,4
Предел упругости, МПа	7,24	5,39	3,52	4,67
Начальный модуль упругости, МПа	2240	4650	1750	3480
Модуль упругости в области предразрушения, МПа	180	300	250	210
Работа разрушения, МДж	101,5	144,4	157,5	114,3
Жесткость при растяжении, кН/мм	17,6	39,5	18,8	33,8

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, в скобках приведен номер образца.

В результате проведенных испытаний было установлено, что пропитка картона крахмалом картофельным приводит к повышению прочностных и деформационных характеристик получаемых композитных материалов независимо от наличия предварительной ферментативной обработки крахмала.

При пропитке картона неферментированным крахмалом картофельным повышается начальный модуль упругости на 55 % по сравнению с непропитанным картоном. В меньшей степени возрастают работа разрушения и жесткость при растяжении. В свою очередь рост максимальной нагрузки не превышал 15 %.

Предварительная ферментативная обработка крахмала картофельного изоамилазой перед пропиткой картона также приводит к увеличению некоторых показателей физико-механических свойств получаемых материалов относительно непропитанного картона. В частности, увеличение работы разрушения составило 55 %, деформации при максимальной нагрузке и жесткости при растяжении – 5 и 30 % соответственно. Однако наблюдалось снижение максимального напряжения и модуля упругости на 15 и 20 % соответственно.

Пропитка картона крахмалом, предварительно обработанным пуллулазой, также приводит к повышению практически всех деформационных показателей композитных материалов относительно необработанного целлюлозного носителя. В результате обработки происходит увеличение работы разрушения, деформации при максимальной нагрузке, модуля упругости в области предразрушения и жесткости при растяжении соответственно на 10, 5, 15 и 90 % по сравнению с непропитанным картоном. Однако этот картон

обладал менее высокими деформационными характеристиками по таким показателям, как деформация при максимальной нагрузке и максимальное напряжение, по сравнению с картоном, пропитанным как неферментированным крахмалом, так и крахмалом, обработанным изоамилазой.

Основываясь на анализе результатов испытаний физико-механических свойств материалов на основе картона и крахмала картофельного (рис. 1, 2), можно утверждать, что пропитка картона крахмалом картофельным приводит к повышению общей жесткости структуры целлюлоза–крахмал. Подобное увеличение жесткости структуры возникает вследствие усиления межволоконных сил связей между отдельными волокнами целлюлозы из-за образования дополнительных связей между волокнами целлюлозы и гидроксильными группами крахмала.

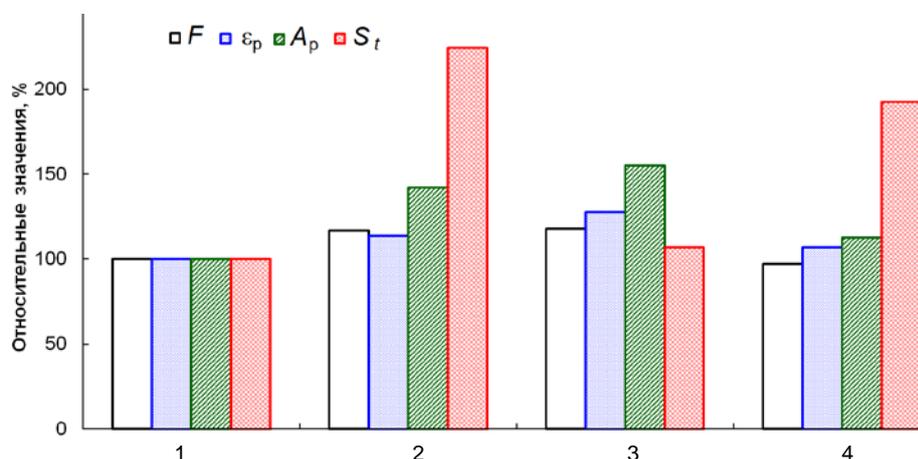


Рис. 2. Влияние способа обработки крахмала картофельного на деформационные и прочностные свойства образцов картона после пропитки, % от контроля: 1 – контроль; 2 – пропитка неферментированным крахмалом; 3 – крахмалом, обработанным изоамилазой; 4 – пуллулазой (F – максимальная нагрузка; ε_p – деформация при максимальной нагрузке; A_p – работа разрушения; S_t – жесткость при растяжении)

Однако наличие предварительной ферментативной обработки крахмала оказывает различное влияние на деформационные свойства получаемых материалов в зависимости от природы используемого фермента. Предварительная обработка крахмала изоамилазой приводит к небольшому увеличению прочностных характеристик картона по сравнению с картоном, пропитанным неферментированным крахмалом, тогда как обработка крахмала пуллулазой снижает практически все анализируемые показатели.

Подобное явление можно объяснить тем, что при клейстеризации происходит высвобождение амилозы из гранул крахмала, что делает доступными для расщепления молекулы амилопектина. Скорее всего, крахмал, взятый для

исследования, имел в своем составе сильно разветвленный амилопектин. Вероятно, более короткие олигомеры способны встроиться между волокнами целлюлозы, что способствует нарушению первоначальной структуры и некоторому снижению прочностных характеристик. Поэтому при пропитке картона крахмальным клейстером, предварительно обработанным пуллулазаной, которая предпочтительней отщепляет короткие олигомеры (менее 3 остатков глюкозы), получаемые материалы обладали менее выраженными деформационными показателями по сравнению с образцами, пропитанными крахмалом после предварительной обработки изоамилазой, отщепляющей более длинные олигосахара [1]. В процессе сушки картона, пропитанного крахмалом картофельным, происходит формирование надмолекулярной структуры композитного материала, возникают постоянные связи между картоном и крахмалом. В мягких условиях сушки при комнатной температуре происходит относительно равномерная и полная релаксация внутренних напряжений получаемого материала, сопровождающая переход крахмала из вязкотекучего в стеклообразное состояние.

Таким образом, предварительная биокаталитическая обработка крахмала ферментом изоамилазой позволяет в наибольшей степени улучшить основные деформационные и прочностные характеристики пропитанного крахмалом картона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белых Е.В., Кокшаров А.В., Сивкова М.А., Кузьмина Н.А., Новожилов Е.В.* Определение влияния ферментных препаратов на вязкость крахмального клея // Биотехнологии в химико-лесном комплексе: матер. междунар. науч. конф. (Архангельск, 11-12 сент. 2014 г.). Архангельск: ИД САФУ, 2014. С. 78–80.
2. *Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И.* Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 1118 с.
3. *Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И., Блинова Л.А.* Свойства целлюлозных волокон и их влияние на физико-механические характеристики бумаги и картона / Под ред. В.И. Комарова. Архангельск: Изд-во САФУ, 2011. 176 с.
4. *Закирова А.Ш., Канарский А.В., Сидоров Ю.Д.* Влияние биополимеров на физико-механические свойства пленок // Пищевая пром-сть. 2012. № 6. С. 18–19.
5. *Крякунова Е.В., Михайлова О.С., Канарский А.В., Казаков Я.В.* Влияние вязкости крахмала картофельного на физико-механические свойства волокнистых материалов // Вестн. КНИТУ. 2014. Т. 17. С. 173–176.
6. *Максанова Л.А., Аюрова О.Ж.* Полимерные соединения и их применение: учеб. пособие. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. 356 с.
7. *Махотина Л.Г., Аким Э.Л.* Технология тароупаковочных видов бумаги и картона: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУРП, 2004. 112 с.
8. *Новожилов Е.В.* Применение ферментных технологий в целлюлозно-бумажной промышленности: моногр. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 364 с.
9. *Фляте Д.М.* Технология бумаги. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 440 с.

10. Хованский В.В., Дубовый В.К., Кейзер П.М. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУРП, 2013. 153 с.

Поступила 15.02.16

UDC 539.233

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.157

The Influence of Modified Potato Starch on the Cardboard Deformation and Strength Properties

O.S. Mikhaylova¹, Postgraduate Student

E.V. Kryakunova¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

A.V. Kanarskiy¹, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Ya.V. Kazakov², Candidate of Engineering Sciences

T.N. Manakhova², Candidate of Engineering Sciences, Assistant

D.A. Dul'kin², Doctor of Engineering Sciences, Professor

¹Kazan National Research Technological University, K. Marx str., 68, Kazan, 420015, Russian Federation; e-mail: olga1.83@mail.ru, alb46@mail.ru

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: j.kazakov@narfu.ru

Starch is used as a binder for increasing the surface sized and internal sized cardboard strength and as a binder in the clay-coating composition in the pulp and paper industry (PPI). To improve the physical and mechanical cardboard properties in technology the modification of starch is frequently used. The work objective was to study the effect of biocatalytic treatment of potato starch on the physical and mechanical cardboard properties based on recycled paper. The laboratory-made cardboard, consisting of 70 % hardwood hemicellulose and of 30 % MS-5B (GOST 10700-97) wastepaper, was used as the cellulose carrier. As the binder was used potato starch, pretreated with enzymes *Pseudomonas amyloclavata* isoamylase or *Bacillus licheniformis* pullulanase (Optimax L-1000). The square formed cardboard samples with a side length of 14 cm were impregnated with enzyme-pretreated starch paste, counting 200 units of enzyme activity per 1 g of dry matter for 3 hours at 50 °C and constant stirring. The impregnated cellulosic carriers were dried convectively on plates of organic glass at room temperature. The stretching test of materials was performed according to ISO 1924-2-85 in a laboratory test facility that included tensile testing machine TC 101-0,5b (Ivanovo) and the computer. The experiments demonstrated that pretreatment of starch with isoamylase enzyme led to a slight increasing in cardboard strength properties in comparison with cardboard, impregnated with non-fermented starch, whereas starch treatment with pullulanase enzyme, on the contrary, led to a reduction of almost all of the analyzed parameters.

Keywords: cardboard, starch, isoamylase, pullulanase, deformation characteristics.

REFERENCES

1. Belykh E.V., Koksharov A.V., Sivkova M.A., Kuz'mina N.A., Novozhilov E.V. Opredelenie vliyaniya fermentnykh preparatov na vyazkost' krakhmal'nogo kleya [Determination of the Enzymatic Agents Influence on the Starch Glue Viscosity]. *Biotekhnologii v khimiko-lesnom komplekse: mater. mezhdunar. nauch. konf. (Arkhangel'sk, 11-12 sent. 2014 g.)*. [Proc. Int. Sci. Conf. "Biotechnology in the Chemical-Forestry Complex" (Arkhangelsk, September 11–12, 2014)]. Arkhangelsk, 2014, pp. 78–80.
2. Dul'kin D.A., Spiridonov V.A., Komarov V.I. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya vtorichnogo volokna iz makulatury v mirovoy i otechestvennoy industrii bumagi* [The Current State and Prospects for Using of Recycled Fiber from Waste Paper in the World and Domestic Paper Industry]. Arkhangelsk, 2007. 1118 p.
3. Dul'kin D.A., Spiridonov V.A., Komarov V.I., Blinova L.A. *Svoystva tsellyuloznykh volokon i ikh vliyanie na fiziko-mekhanicheskie kharakteristiki bumagi i kartona* [Properties of Cellulosic Fibers and Their Influence on the Physical and Mechanical Properties of Paper and Cardboard]. Ed. by V.I. Komarov. Arkhangelsk, 2011. 176 p.
4. Zakirova A.Sh., Kanarskiy A.V., Sidorov Yu.D. Vliyanie biopolimerov na fiziko-mekhanicheskie svoystva plenok [The Effect of Biopolymers on the Films Physical and Mechanical Properties]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2012, no. 6, pp. 18–19.
5. Kryakunova E.V., Mikhaylova O.S., Kanarskiy A.V., Kazakov Ya.V. Vliyanie vyazkosti krakhmala kartofel'nogo na fiziko-mekhanicheskie svoystva voloknistykh materialov [The Influence of Potato Starch Viscosity on the Physical and Mechanical Properties of Fibrous Materials]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2014, vol. 17, pp. 173–176.
6. Maksanova L.A., Ayurova O.Zh. *Polimernye soedineniya i ikh primenenie: ucheb. posobie* [The Polymeric Compounds and Their Use]. Ulan-Ude, 2004. 356 p.
7. Makhotina L.G., Akim E.L. *Tekhnologiya taroupakovochnykh vidov bumagi i kartona: ucheb. posobie* [The Technology of Paper and Cardboard Packaging Types]. St. Petersburg, 2004. 112 p.
8. Novozhilov E.V. *Primenenie fermentnykh tekhnologiy v tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti: monogr.* [The Use of Enzyme Technologies in the Pulp and Paper Industry]. Arkhangelsk, 2013. 364 p.
9. Flyate D.M. *Tekhnologiya bumagi* [Paper Technology]. Moscow, 1988. 440 p.
10. Khovanskiy V.V., Dubovyy V.K., Keyzer P.M. *Primenenie khimicheskikh vspomogatel'nykh veshchestv v proizvodstve bumagi i kartona: ucheb. posobie* [The Use of Chemical Additives in the Paper and Cardboard Production]. St. Petersburg, 2013. 153 p.

Received on February 15, 2016



УДК 630*

DOI: 10.17238/ISSN0536-1036.2016.4.165

ПУБЛИКАЦИЯМ О ЛЕСЕ В РОССИИ – 250 ЛЕТ!

Н.А. Бабич¹, д-р с.-х. наук, проф.

И.В. Евдокимов², канд. с.-х. наук, доц.

¹ Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, д. 17, наб. Северной Двины, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: n.babich@narfu.ru

² Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, д. 8, ул. Мира, с. Молочное, Вологодская область, Россия, 160555; e-mail: igorevd1@rambler.ru

В 2015 г. исполнилось 250 лет с момента выхода первых статей по лесному делу в периодической печати.

В книге «История лесоводства в России, Франции и Германии» Федор Карлович Арнольд отмечает, что «...русская лесоводственная литература в XVIII в. также чрезвычайно бедна» [1, с. 220]. В 1765 г. было учреждено «Вольное экономическое общество к поощрению в России земледелия и домостроительства» (ВЭО), о становлении и деятельности которого сообщалось ранее [2]. Это общество незамедлительно приступило к изданию своих трудов, первая их часть увидела свет уже в конце 1765 г.

К числу зачинателей русского лесоводства академик Иван Степанович Мелехов [3] также относил известного деятеля науки и культуры конца XVIII–начала XIX вв., президента Российской академии наук Андрея Андреевича Нартова. В первой части Трудов ВЭО напечатана статья А.А. Нартова под скромным названием «О посеве леса», которая представляет собой первый в российской литературе печатный труд по лесоводству, в частности по лесокультурному делу. Как отмечает М.Д. Мерзленко [4], поражает глубина содержания этой небольшой, но очень ценной работы. Поводом для ее написания послужили размышления автора о безлесных местах в России, где жители испытывают острую нужду в древесине. В этой статье автор на основе собственных наблюдений и опытов дает рекомендации и советы по многим лесоводственным аспектам, подробно рассматривает вопросы лесосеменного дела – время созревания, сбора, технология переработки лесосеменного сырья, особенности хранения семян основных древесных пород. Не менее скрупулезно изложены и лесокультурные вопросы – выбор места и подготовка почвы, технология посева семян, мероприятия по уходу за лесными культурами с учетом целевого их выращивания. В заключение А.А. Нартов [5] советует для озеленения и облесения усадеб и деревень разводить ивы и ветлы по-

средством черенкования, которые потом можно использовать и для домашнего хозяйства. В примечании к статье сказано: «По наставлению славного шведского ботаника Линнея» [5], что говорит о его знакомстве с работой или с самим автором известного шведского ученого того времени Карла Линнея.

Необходимо отметить, что рассматриваемая работа не является компиляцией из зарубежных источников, а представляет первый печатный труд отечественных пионеров лесной науки, к которым по праву принадлежит А. А. Нартов.

В первой части Трудов ВЭО помещена и другая лесоводственная статья «О сибирском гороховом дереве, и о великой его пользе» (перевод П. Полонского). Ее автор Генрих (Андрей) Я. Эклебен – главный садовый мастер при дворе ее императорского величества, происходивший из обрусевших немцев. В статье он дает эколого-биологическую и морфологическую характеристику вида карагана древовидная, или акация желтая, описывает ее полезные свойства. Автор приводит технологию выращивания и ухода за этим растением и рекомендует его плоды использовать в пищу как обычный горох. «Сей горох есть весьма изрядная и питательная пища как для людей, так и для скота. В нынешнем году варил я оный в разных приправах и делал из него блины и ел. Можно также молоть и печь из него хлеб. Я нашел, что он не только вкусен, но и сытен», – заключает Г.Я. Эклебен [6]. Заканчивает статью Г.Я. Эклебен словами: «Сие на собственных моих опытах основанное сочинение оканчивая, предаю оное благоразумным на рассуждение, которое к дальнейшим трудам будет мне побуждением» [6]. Его перу принадлежат и другие статьи по сельскому хозяйству и садоводству.

Таким образом, рассмотренные статьи явились первыми печатными работами по лесному делу в России, а их авторы внесли весомый вклад в становление и развитие отечественной лесной науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арнольд Ф.К.* История лесоводства в России, Франции и Германии. СПб., 1895. 403 с.
2. *Бабич Н.А., Евдокимов И.В.* К 240-летию основания «Вольного экономического общества» // Лесн. журн. 2006. №2. С. 120–124. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Мелехов И.С.* Очерк развития науки о лесе в России. М., 1957. 208 с.
4. *Мерзленко М.Д.* Андрей Андреевич Нартов // Устойчивое лесопользование. 2003. №1. С. 46.
5. *Нартов А.А.* О посеве леса // Труды ВЭО. 1765. Т. 1. С. 28–35.
6. *Эклебен Г.Я.* О сибирском гороховом дереве, и о великой его пользе // Труды ВЭО. 1765. Т. 1. С. 60–73.

Поступила 07.01.16

UDC 630*

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.165

250 Years to the Forest Publications in Russia!

N.A. Babich¹, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

I.V. Evdokimov², Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: n.babich@narfu.ru

²Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin, Mira str., 8, Molochnoe, Vologda region, 160555, Russian Federation; e-mail: igorevd1@rambler.ru

REFERENCES

1. Arnol'd F.K. *Istoriya lesovodstva v Rossii, Frantsii i Germanii* [History of Forestry in Russia, France and Germany]. St. Petersburg, 1895. 405 p.

2. Babich N.A., Evdokimov I.V. K 240-letiyu osnovaniya “Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva” [By the 240th Anniversary of “The Free Economic Society”]. *Lesnoy zhurnal*, 2006, no. 2, pp. 120–124.

3. Melekhov I.S. *Ocherk razvitiya nauki o lese v Rossii* [The Outline of the Forest Science Development in Russia]. Moscow, 1957. 208 p.

4. Merzlenko M.D. Andrey Andreevich Nartov [Andrey Andreevich Nartov]. *Ustoychivoe lesopol'zovanie* [Sustainable Forestry], 2003, no. 1, p. 46.

5. Nartov A.A. O poseve lesa [On the Forest Sowing]. *Trudy Vol'nogo Ekonomicheskogo Obshchestva* [Scientific Works of the Free Economic Society], 1765, vol. 1, pp. 28–35.

6. Ekleben G.Ya. O sibirskom gorokhovom dereve, i o velikoy ego pol'ze [On Siberian Pea Tree and Its Great Benefits]. *Trudy Vol'nogo Ekonomicheskogo Obshchestva* [Scientific Works of the Free Economic Society], 1765, vol. 1, pp. 60–73.

Received on January 07, 2016



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630* (049.3)
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.168

**РЕЦЕНЗИЯ НА УЧЕБНИК «СЕЛЕКЦИЯ ЛЕСНЫХ
И ДЕКОРАТИВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ»***

*Р.А. Цильке¹, д-р биол. наук, проф.
А.И. Земляной², канд. с.-х. наук, науч. сотр.*

¹Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, д. 160,
г. Новосибирск, Россия, 630039

²Зап.-Сиб. филиал Института леса СО РАН, ул. Жуковского д. 100, корп. 1, г. Новоси-
бирск, Россия, 630082; e-mail: zemlyanoyalex38@mail.ru

Новое издание учебника «Селекция лесных и декоративных древесных растений» по сравнению с предыдущим «Селекция и репродукция лесных древесных пород» значительно расширено и состоит из введения, 20 глав, списка используемых терминов и обширной библиографии, в том числе 104 источников на иностранных языках, а также списка сокращений и перечня лесных международных организаций в сокращенном и полном вариантах на русском и английском языках. Издание хорошо иллюстрировано прекрасными фотографиями, иконографиями отечественных лесных селекционеров, рисунками, схемами и таблицами. В конце каждой главы приводится список контрольных вопросов. Все это будет способствовать более глубокому усвоению учебного материала.

Кроме основных авторов А.П. Царева, С.П. Погиба и Н.В. Лаур, в написании отдельных глав и их разделов участвовали: проф. В.А. Брынцев и проф. И.И. Дроздов (МГУЛ), канд. с.-х. наук Р.П. Царева (НИИЛГиС), проф. Ю.И. Сухоруких и доц. С.Г. Биганова (Майкопский ГТУ). Введение, большая часть основных глав, заключение и список литературы написаны проф. А.П. Царевым, который осуществил и общую редакцию учебника.

Селекция зародилась с началом возделывания пищевых растений и стремлением человека к повышению их продуктивности. Многолетние древесные растения, по сравнению с 1-2-летними культурами, являются чрезвычайно сложными объектами для генетико-селекционных работ.

* Учебник «Селекция лесных и декоративных древесных растений» можно заказать в издательстве Московского государственного университета леса: 1-я Институтская ул., д. 1, Мытищи-5, Московская обл., МГУЛ, 141005; e-mail: izdat@mgul.ac.ru.

К сожалению, в нашей стране, обладающей богатейшими лесными ресурсами, успехи в генетике и селекции лесных древесных пород весьма скромны по сравнению со странами Скандинавии и Северной Америки.

Во введении отмечается, что теоретической основой селекции является генетика, развитие которой определили научные работы Г. Менделя, А. Вейсмана, В. Иогансена, Т. Моргана, Дж. Уотсона, Ф. Крика. Особая роль в создании теоретических основ селекции растений принадлежит академику Н. И. Вавилову и его ученикам.

В области практической лесной селекции большое значение имеют работы отечественных ученых: С.З. Курдиани, В.Н. Сукачева, Н.П. Кобранова, А.В. Альбенского, М.М. Вересина, Л.Ф. Правдина, А.С. Яблокова, С.С. Пятницкого, Ф.Л. Щепотьева, Е.П. Проказина. Опыт их селекционных исследований явился основой для разработки программ создания плантационных культур, рекреационного и зеленого строительства в городах.

Материал учебника хорошо и детально структурирован по главам и разделам, его содержание можно условно разделить на три части.

В первой части (1–12 главы) освещены вопросы истории, программные подходы и методы селекции лесных древесных растений, а также проведена оценка отобранных плюсовых деревьев, создания постоянной лесосеменной базы, сортоиспытания и сортрайонирования.

Во второй части (13–15 главы) дано описание особенностей семенного, вегетативного, микроклонального методов размножения древесных растений.

Третья часть (16–20 главы) посвящена достижениям частной селекции и воспроизводства сортового материала основных лесообразующих пород, в том числе: хвойных – обыкновенной и кедровой сибирской сосен, ели европейской и сибирской, пихты сибирской, лиственницы; твердолиственных – дуба черешчатого, бука, ильмовых, ясеня, клена; мягколиственных – тополя, осины, ивы, карельской березы, ольхи. Кроме того, дано описание селекции интродуцентов – скрученной и веймутовой сосен, лжетсуги Мензиса, дуба красного, акации белой. Подробно отражены успехи селекции орехоплодных – ореха грецкого и лещины, а также ценных дикорастущих плодово-ягодных кустарников – облепихи и жимолости съедобной.

Рецензируемое новое издание «Селекция лесных и декоративных растений» рекомендовано УМО по образованию в области лесного дела в качестве учебника для студентов, обучающихся по специальностям 250100 «Лесное дело» и 250700 «Ландшафтная архитектура».

Учитывая все вышеизложенное, можно заключить, что эта книга будет очень полезной не только в качестве учебника для высших учебных заведений, но и как уникальная энциклопедия – практическое руководство для лесных генетиков и селекционеров, а также специалистов ландшафтного дизайна. В ней обобщены современные достижения отечественного и зарубежного опыта, освещены проблемы селекции, сортоиспытания, семеноводства, веге-

тативного и микроклонального размножения лесных древесных пород и декоративных растений.

Этот учебник, тщательно подготовленный коллективом талантливых авторов, является значительным вкладом в развитие отечественной лесной селекции и, несомненно, сыграет большую роль в дальнейшем развитии не только селекционных исследований, но и в повышении продуктивности, качества и устойчивости создаваемых лесных и зеленых насаждений.

UDC 630* (049.3)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.168

A Review of the Textbook “Selective Breeding of Forest and Ornamental Woody Plants”

R.A. Tsil'ke¹, Doctor of Biological Sciences, Professor

A.I. Zemlyanoy², Candidate of Agricultural Sciences, Research Officer

¹Novosibirsk State Agrarian University, Dobrolyubov str., 160, Novosibirsk, 630039, Russian Federation

²West-Siberian Division of V.N. Sukachev Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Zhukovsky str., 100, bl. 1, Novosibirsk, 630082, Russian Federation; e-mail: zemlyanoyalex38@mail.ru

УДК 630* (049.3)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.171

**РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ
«НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ЛЕСНОМУ СЕМЕНОВОДСТВУ»**

П.А. Феклистов, д-р с.-х. наук., проф.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;

e-mail: feclistov@narfu.ru

Актуальность формирования и совершенствования постоянной лесосеменной базы возрастает в свете наметившихся тенденций перехода к интенсивным формам ведения отечественного лесного хозяйства. Особую значимость эти аспекты приобретают в отношении древесных пород, играющих важную роль в экономике страны. Центральное место среди них, бесспорно, занимает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Условием успешного решения указанной задачи выступает комплексная генетико-селекционная оценка ее плюсовых деревьев, входящих в состав лесосеменных плантаций и архивов клонов. В этой связи исследования, направленные на совершенствование ассортимента селекционно-семеноводческих объектов и выполняемые путем многопараметрических сравнений по признакам, имеющим хозяйственное, адаптационное и идентификационное значение, представляются вполне актуальными. Рассмотрению этих злободневных вопросов посвящена изданная Нижегородской государственной сельскохозяйственной академией монография Н.Н. Бессчетновой «Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Репродуктивный потенциал плюсовых деревьев».

Автор детально рассматривает существующие проблемы массового отбора в лесной селекции, отмечает перспективность усилий по совершенствованию методов отбора плюсовых деревьев по фенотипу, сообщает о достигнутых в этом направлении результатах. Приведенные в монографии сведения о морфологических признаках семян и шишек, выходе из шишек плюсовых деревьев разных категорий семян, степени наследственной обусловленности зафиксированных различий характеризуются новизной и в представленном объеме ранее не публиковались. Они базируются на результатах собственных многолетних исследований автора и отличаются оригинальностью. В работе предпринят современный подход к селекционной оценке существующего ассортимента плюсовых деревьев сосны обыкновенной на базе комплексных сравнений морфометрических параметров изучаемых частей генеративной сферы плюсовых деревьев. Эти признаки рассматриваются как критерии и индикаторы потенциально высокой репродуктивной активности, сравнительная оценка их селекционного качества выполнена с привлечением дисперсионного, корреляционного, регрессионного, факторного и кластерного анализов. Полученные в ходе их реализации результаты могут быть широко рас-

пространены в региональном аспекте и транслированы на развернутый перечень видов деревьев и кустарников.

Перечисленное выше определяет актуальность, достаточно высокий теоретический уровень и большое практическое значение монографии. Ее текст изложен хорошим литературным языком, удачно отредактирован и откорректирован, легко воспринимается, ее части размещены в логической последовательности. Опубликованные материалы убедительны и подробно интерпретированы, богатый иллюстративный материал вполне уместен и информативен.

Свои рецензии на данную работу представили ведущие в рассматриваемых в ней вопросах эксперты: профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, доктор сельскохозяйственных наук Н.А. Бабич; профессор кафедры искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ Московского государственного университета леса, доктор сельскохозяйственных наук, профессор И.И. Дроздов; профессор кафедры земледелия и растениеводства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, доктор сельскохозяйственных наук В.М. Лебедев.

Книга представляет интерес для специалистов в области лесной селекции, научных сотрудников и преподавателей вузов, студентов и аспирантов.

UDC 630* (049.3)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.171

A Review of the Monograph “The Scientific Approach to the Forest Seed Breeding”

P.A. Feklistov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severny Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: feclistov@narfu.ru