

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

6/342

2014

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)  
**БЕЛЯКОВА Р.В.** – отв. секретарь, засл. работник культуры РФ (Россия, Архангельск)

## **ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

**Бессчетнов В.П.**, д-р биол. наук, проф. (Россия, Нижний Новгород)  
**Ван Хайнинген А.**, д-р наук, проф. (США, Ороно)  
**Воронин А.В.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Петрозаводск)  
**Гельфанд Е.Д.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)  
**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 РАСХН (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)  
**Рубцов М.В.**, д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАСХН (Россия, Москва)  
**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.**, проф., д-р инж. наук (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)  
**Уголев Б.Н.**, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Москва)  
**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

---

# **Lesnoi 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

6/342

2014

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

### **EDITORIAL PANEL:**

**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)  
**BELYAKOVA R.V.** – Executive Secretary, Honoured Worker of Culture of the Russian Federation (Russia, Arkhangelsk)

### **MEMBERS OF THE EDITORIAL PANEL:**

**Besschetnov V.P.**, Doctor of Biology, Prof. (Russia, Nizhny Novgorod)  
**Van Heiningen A.**, PhD, Prof. (USA, Orono)  
**Voronin A.V.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Petrozavodsk)  
**Gelfand E.D.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**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 Agricultural 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)  
**Rubtsov M.V.**, Doctor of Agriculture, Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Russia, Moscow)  
**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, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**Khakimova F.Kh.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Perm)  
**Holuša O.**, PhD, Prof. (Czech Republic, Brno)  
**Chernaya N.V.**, Doctor of Engineering, Professor (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)  
**Ugolev B.N.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)  
**Khabarov Yu.G.**, Doctor of Chemistry, Prof. (Russia, Arkhangelsk)

---





## СОДЕРЖАНИЕ

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Б.В. Бабиков.</i> Болота в лесах России и их использование.....	9
<i>С.В. Залесов, Е.С. Залесова, А.В. Данчева, Ю.В. Федоров.</i> Опыт рубок обновления в одновозрастных рекреационных сосняках подзоны северной лесостепи...	20
<i>М.Д. Мерзленко, Ю.Б. Глазунов.</i> Рост и состояние культур сосны разной густоты в Серебряноборском опытном лесничестве.....	32
<i>Н.А. Бабич, Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова, В.Н. Воробьев.</i> Особенности фенетического анализа популяций сосны сибирской по форме семенной чешуи	41
<i>Е.Н. Пилипко.</i> Динамика содержания комплекса НРК в результате разложения экскрементов лося ( <i>Alces alces</i> (L. 1758)) в различных по гранулометрическому составу почвах.....	47
<i>Д.Г. Хинчук.</i> Влияние магнитного излучения на параметры семян ели обыкновенной.....	55
<i>В.В. Петрик, Е.Д. Гельфанд, Н.О. Пастухова, А.И. Горкин.</i> Поиск новых стимуляторов смоловыделения сосны обыкновенной ( <i>Pinus sylvestris</i> L.).....	62

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Ф.А. Павлов, М.А. Мельницкий, Л.Н. Голицын.</i> Исследование влияния компонентов песчано-гравийной смеси на укрепление лесовозных дорог сырой нефтью.....	69
<i>Д.Г. Мясницев, А.С. Ваиуткин, А.М. Швецов.</i> Оптимизация параметров и характеристик колесного тормоза лесотранспортной машины в целях максимизации тормозной силы.....	82

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В.И. Мелехов, Н.С. Рудная.</i> Влияние микрорельефа сопрягаемых поверхностей древесины на прочность склеивания.....	89
<i>А.Н. Екименко, А.С. Неверов.</i> Разработка материала и структуры двутавра из армированного древесного пластика.....	101
<i>А.Е. Алексеев, И.А. Толочков.</i> Алгоритмизация процесса дефектоскопии пиломатериалов.....	110

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>А.А. Леонович, Т.Н. Войтова.</i> Повышение экологической безопасности древесностружечных плит.....	120
<i>А.П. Карманов, Л.С. Кочева, Т.Н. Щемелинина.</i> Применение методов нелинейной динамики для анализа результатов мониторинга сточных вод.....	129

<i>Н.С. Никулина, Г.Ю. Вострикова, А.И. Дмитренко, О.Н. Филимонова, С.С. Никулин.</i> Защитная обработка древесины смолой на основе фракции С <sub>9</sub> , модифицированной отходами полиметилметакрилата.....	138
<i>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ</i>	
<i>А.П. Бровин, А.В. Пластинин.</i> Порядок и условия применения классификации запасов производственных предприятий для их нормирования.....	144
<i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i>	
<i>О.В. Скуднева.</i> Беспилотные летательные аппараты в системе лесного хозяйства России.....	150
<i>Н.А. Бабич, М.М. Андропова.</i> Сосна скрученная – перспективный интродуцент для озеленения малых северных городов.....	155
<i>О.С. Зальвская.</i> Комплексная оценка адаптивной способности интродуцентов....	161
<i>ЮБИЛЕИ</i>	
<i>Д.В. Трубин, В.И. Мелехов.</i> Радетелю русского леса, академику РАН Николаю Александровичу Моисееву – 85 лет.....	167
<i>ПАМЯТИ УЧЕНЫХ</i>	
<i>А.В. Селиховкин, В.И. Онегин, В.В. Сергеевичев, А.Н. Чубинский, В.А. Втюрин, А.М. Артеменков, В.И. Мелехов.</i> Памяти Ростислава Евгеньевича Калитеевского	171
Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» в 2014 г.....	173

---



CONTENTS

FORESTRY

<i>B.V. Babikov.</i> Mires in the Forests of Russia and Their Use.....	9
<i>S.V. Zalesov, E.S. Zalesova, A.V. Dantcheva, Ju.V. Fedorov.</i> Experience of Re- generation Fellings in the Even-Aged Pine Forests of the Northern Forest- Steppe Subzone.....	20
<i>M.D. Merzlenko, Yu.B. Glazunov.</i> Growth and State of Pine Cropper with Different Density in Serebryanoborskoe Experienced Forestry.....	32
<i>N.A. Babich, R.S. Khamitov, S.M. Khamitova, V.N. Vorob'ev.</i> Fenetic Analysis Features of Populations of Siberian Pine on Seed Scale Form.....	41
<i>E.N. Pilipko.</i> The Dynamics of NPK-Complex Content as a Result of Elk ( <i>Alces alces</i> (l. 1758)) Faeces Decomposition in the Soils of Different Granulometric Composition.....	47
<i>D.G. Khinchuk.</i> Influence of Magnetic Radiation on Parameters of Common Spruce Seedlings.....	55
<i>V.V. Petrik, E.D. Gelfand, N.O. Pastukhova, A.I. Gorkin.</i> The Search of New Resin Exudation Stimulators of Scotch Pine ( <i>Pinus sylvestris</i> L.).....	62

WOODEXPLOITATION

<i>F.A. Pavlov, M.A. Memitsky, L.N. Golitsin.</i> Research of Influence of Sand-Gravel Mix Components on Strengthening of Forest Roads by Crude Oil.....	69
<i>D.G. Myasishchev, A.S. Vashutkin, A.M. Shvetsov.</i> Parameter Optimization of the Wheel Brake of a Timber Car with the Objective of Brake Force Maximization	82

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>V.I. Melekhov, N.S. Rudnaya.</i> The Influence of Wood Surface Microrelief on the Bond Quality.....	89
<i>A.N. Ekimenko, A.S. Neverov.</i> Material and Structure of the I-Girder From the Reinforced Wood Plastic Development.....	101
<i>A.E. Alekseev, I.A. Toloknov.</i> Algorithmization of Wood Flaw Petection.....	110

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>A.A. Leonovich, T.N. Voytova.</i> Improvement of the Environmental Safety of Wood Particle Boards.....	120
<i>A.P. Karmanov, L.S. Kocheva, T.N. Shchemelinina.</i> Application of Non-Linear Dynamics Methods for Analysis of Results of Industrial Wastewater Monitoring.....	129
<i>N.S. Nikulina, G.Yu. Vostrikova, A.I. Dmitrenkov, O.N. Filimonova, S.S. Nikulin.</i> Protective Processing of Wood on the Basis of C <sub>9</sub> , Fraction Modified by Polymethyl Methacrylate Waste.....	138

*ECONOMICS AND MANAGEMENT*

- A.P. Brovin, A.V. Plastinin.* Procedure and Conditions of Classification Use of Industrial Enterprises for Rationing..... 144

*SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING*

- O.V. Skudneva.* Unmanned Airborne Vehicles in the Forestry Sector of Russia..... 150  
*N.A. Babich, M.M. Andronova.* Lodgepole Pine – a Perspective Introduced Species for Greening of Northern Smaller Cities..... 155  
*O.S. Zalyvskaya.* Complex Assessment of Adaptive Ability Introduced Species..... 161

*JUBILEES*

- D.V. Trubin, V.I. Melekhov.* The Guardian of the Russian Forests, Academician of the Russian Academy of Sciences Nikolay Moiseev – 85 Years..... 167

*TO THE MEMORY OF SPECIALISTS*

- A.V. Selikhovkin, V.I. Onegin, V.V. Sergeevichev, A.N. Chubinsky, V.A. Vtyurin, A.M. Artemenkov, V.I. Melekhov.* In Memory of Rostislav Evgenyevich Kaliteevsky 171

- Index of Articles Issued by «Lesnoi Zhurnal» in 2014 173
- 
-



УДК 630\*631.634

## БОЛОТА В ЛЕСАХ РОССИИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

© *Б.В. Бабиков, д-р с.-х. наук, проф.*

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский, 5, С.-Петербург, Россия, 194021; e-mail: subota\_m@mail.ru

В статье приведена степень заболоченности лесов России, их различия с учетом использования в лесном хозяйстве. Рассматривается неоднородность болот по происхождению, связь типа болота с типом водно-минерального питания. Показано влияние осушительных каналов на уровень грунтовых вод и рост леса на осушенных болотах. Изучено содержание и роль кислорода в грунтовых водах болот. Исследован состав почвенного воздуха торфяных почв, содержание и роль углекислого газа и кислорода в нем. Рассмотрены способы облесения осушенных болот путем создания (посадки) лесных культур. Приведена оценка лесоводственного эффекта осушаемых болот, оценка качества древесины. Показана водорегулирующая роль лесов, сформировавшихся на осушенных болотах.

*Ключевые слова:* болота, осушение, почва, водный баланс, кислород в воде, концентрация CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>, почвенный воздух, эффективность осушения, водный режим рек.

Болота и заболоченные земли в лесах России занимают более 210 млн га, или около 22 % территории лесного фонда [14]. Площадь только болот составляет около 130 млн га, и прирост их площади продолжается.

Болота не однородны по происхождению и различаются по содержанию питательных веществ. Выделены три типа болот: верховые, переходные и низинные. Тип болота связан с типом водно-минерального питания. Вода, вызывающая переувлажнение определенных участков террасирования суши, может поступать сверху в виде атмосферных осадков, не содержащих питательных веществ. В таких условиях образуются бедные, с малым содержанием питательных веществ, верховые (олиготрофные) болота. Большая часть болот образуется путем зарастания водоемов, в основном бывших озер. Образовавшиеся в таких условиях болота богаты питательными веществами, появившимися как за счет бывших обитателей озер (флоры и фауны), так и за счет постоянного притока фильтрующихся через почву грунтовых вод, обогащенных питательными веществами. Такие болота называют низинными (эвтрофными). С годами низинные болота зарастают сфагновыми мхами. По мере зарастания болота растут в высоту, увеличивается поступление воды на поверхность сверху. При этом снижается капиллярный подъем воды снизу, и болота, сменяя тип водного питания, со временем переходят в верховые, находясь некоторое время в стадии переходных (мезотрофных).

В настоящее время площадь верховых болот в лесном фонде составляет около 35...40 млн га, низинных – около 50...55 млн га. Верховые болота практически не зарастают лесом. Их можно использовать для сбора клюквы, а не для лесовыращивания.

Низинные болота обычно покрыты лесом, чаще сосной низкого качества, древесина которой пригодна только на дрова. Такие потенциально богатые болота целесообразно осушать для лесовыращивания.

Осушение болот для лесохозяйственного использования имеет давнюю историю. Первые масштабные работы по осушению в лесохозяйственных целях были проведены в Лисинском учебно-опытном лесничестве. Здесь в 1841 г. без предварительного проекта было осушено болото Суланда площадью около 350 га. Каналы проводили по понижениям и водотокам, намеченным весной, что в основном оказалось удачным. В настоящее время на Суланде произрастают древостои с запасами древесины более 600 м<sup>3</sup>/га [9].

В 1847 г. в Лисинском лесничестве на основе уже предварительных исследований был составлен проект по осушению Хейновского болота площадью более 2000 га [12]. Составлению проекта предшествовали всесторонние предпроектные изыскания и расчеты. Можно считать, что этот проект стал основой всех последующих проектных работ по осушению лесных земель России. На осушенном Хейновском болоте в настоящее время запасы древостоев достигают 600 м<sup>3</sup>/га. Успешно произрастает и второе поколение древостоев на месте участков, пройденных рубкой.

Оценку эффективности осушения болот в Лисино в начале прошлого века впервые предпринял известнейший лисинский лесничий Д.М. Кравчинский.

В середине прошлого века, особенно в послевоенный период, резко возросла потребность в древесине. Заготовка велась и в осушенных лесах. Возникла потребность в восстановлении лесов на вырубках. При лесовосстановлении был изучен рост леса на ранее осушенных землях.

Исследование эффективности осушения и роста леса на осушенных землях, опять же в Лисино, провел проф. Х.А. Писарьков [10]. В этом направлении работал М.П. Епатьевский в Ленинградском институте лесного хозяйства.

Исследования велись в различных лесорастительных условиях – не только на осушенных торфяных, но и на гидроморфных минеральных заболоченных землях.

В связи с тем, что лес растет долго, изучать его надо на постоянных опытных участках. К числу первых фундаментальных исследований на осушенных землях следует отнести работы С.Э. Вомперского [3]. Несколько позднее кафедрой почвоведения и гидромелиорации С.-Петербургской лесотехнической академии были организованы стационарные исследования на специальных опытных участках. Было создано 3 стационара в Ленинградской области: Тосненский – водно-балансовый; Ушакинский – лесокультурный; Малиновский – комплексный [1].

На стационарах проводились водно-балансовые исследования; изучались эффективность осушения и качество древесины; водный режим почв

и нормы осушения; воздушный режим с анализом состава почвенного воздуха и обогащения кислородом почвенного воздуха и грунтовых вод; особенности формирования древостоев естественного происхождения и насаждений, созданных посадкой; водорегулирующие свойства лесов на осушенных землях; влияние осушения на водное питание рек.

Исследования позволили установить нормы осушения торфяников разного типа и показали, что при осушении болот большее значение имеет строение профиля торфяной залежи, ее слоистость [5, 6]. Было установлено (табл. 1), что при одинаковой глубине каналов и расстоянии между ними степень воздействия на грунтовые воды разная. В зависимости от строения торфяной залежи находится и положение уровня грунтовых вод.

Таблица 1

**Уровень грунтовых вод (см) на болотах, осушенных каналами, проведенными через 130 м**

Расстояние между каналами	Месяц					Среднее значение
	V	VI	VII	VIII	IX	
<i>Слоистый торфяник (верховой)</i>						
0,1L	7	32	33	38	36	29
0,5L	9	21	23	27	25	21
<i>Однослойный торфяник (переходный)</i>						
0,1L	30	54	68	87	89	66
0,5L	11	35	52	68	76	46

Примечание. L – расстояние между каналами.

Исследования показали, что коэффициент фильтрации в нижнем горизонте слоистых торфяников составляет 0,002...0,003 см/с, что в 8–10 раз ниже, чем в верхнем слое (0,020...0,025 см/с). Высокая водопроницаемость верхних горизонтов при более крупных порах торфа сказывается и на испарении почвенной влаги. Установлено (табл. 2), что летом скорость понижения уровня грунтовых вод на слоистых торфяниках в 1,5–2,0 раза ниже.

Таблица 2

**Скорость понижения уровня грунтовых вод (см/сут.) на слоистых и однослойных торфяниках**

Тип строения торфяника	Месяц					Среднее значение
	V	VI	VII	VIII	IX	
Слоистый верховой	0,8	1,1	1,1	0,9	0,5	0,9
Однослойный переходный	0,8	2,1	2,2	1,0	0,6	1,5

В верхних горизонтах почв верховых болот, сложенных слабо разложившимся торфом с высоким коэффициентом фильтрации, грунтовые воды понижаются быстро. Подъем грунтовой воды по крупным капиллярам ничтожно мал, что снижает расход влаги на испарение. В нижних горизонтах с сильно разложившимся торфом и при низких коэффициентах фильтрации сток воды в каналы замедлен. В итоге, грунтовые воды располагаются относительно близко

к поверхности почвы, а воды в поверхностном слое недостаточно. Исследования показывают, что попадающие с деревьев или посеянные на поверхности семена имеют хорошую всхожесть, но зависшие всходы засыхают из-за недостатка влаги в первый же год после появления. Поэтому на верховых болотах и при достаточном обсеменении древесная растительность не развивается.

Существенное влияние на уровень грунтовых вод оказывает древостой, расходуя влагу на транспирацию. Наши 50-летние исследования в насаждениях сосны, созданных на переходных торфяниках (глубина торфа 40...60 см), показали, что в культурах 4–6-летнего возраста грунтовые воды располагались в пределах 50...60 см (табл. 3).

Таблица 3

Уровень грунтовых вод (см) в культурах сосны

Год наблюдений	Месяц				Среднее значение
	V	VI	VII	VIII	
1962	23	25	18	23	22
1963	22	53	59	60	48
1964	25	46	99	61	51

Исследования в 15–20-летних культурах показали, что грунтовая вода появлялась в корнеобитаемой зоне только после снеготаяния. К началу активного роста побегов сосны (20–25 мая) уровень грунтовых вод снижался до 50...60 см. К этому возрасту корневые системы, располагавшиеся ранее в торфяном горизонте, проникали в подстилающий минеральный горизонт, где и формировался второй ярус корней. После формирования высокобонитетного древостоя в 20–30-летнем возрасте грунтовая вода отмечалась в пределах торфяного слоя только после снеготаяния, сохраняясь до 15–25 мая.

Основной причиной плохого роста леса на переувлажненных землях является не только высокий уровень грунтовых вод, но и их качество, прежде всего содержание в них кислорода. А.Я. Орлов [8] установил, что для нормального роста корней растений, подтопленных грунтовыми водами, последние должны содержать не менее 1,5...2,0 мг/л растворенного кислорода. При нахождении в условиях с меньшим содержанием кислорода в течении 4...5 сут. корни начинают отмирать.

Наши исследования [1] показали, что грунтовые воды содержат небольшое количество кислорода (0,3...0,7 мг/л – следы) и только на поверхности воды в мае-июне. По мере прогревания почвы и активизации микробиологических почвенных процессов кислород в воде не наблюдается.

Изучая поглощение кислорода в почвенных водах, С.В. Быстров еще в 1936 г. [2] установил, что насыщенная кислородом вода, пройдя через слой торфа высотой 10 см, полностью теряет растворенный в ней кислород.

При оценке влияния избыточного увлажнения на рост растений и разработке рекомендаций по осушению и освоению лесных земель не достаточно знать только состояние водного режима почв. Известно, что для нормального развития растений необходимо обеспечить благоприятный водный, пищевой



и воздушный режим почв. Однако большинство исследователей воздушного режима ограничиваются только определением содержания количества воздуха в почве, т. е. аэрации почвы. Для оценки качественного состояния воздушного режима необходимо знать не только количество воздуха в почве, но и содержание  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в нем.

Кислород в почве необходим для обеспечения нормальной деятельности почвенных организмов и дыхания корней, он активизирует почвообразовательные процессы. В условиях плохой аэрации (при недостатке кислорода) активность аэробных микроорганизмов замедляется, анаэробных – возрастает, что приводит к образованию токсичных для растений сероводорода, сульфидов и метана.

Наиболее важной характеристикой почвенного воздуха является содержание в нем  $\text{CO}_2$ . Как известно, корни растений выносят концентрацию  $\text{CO}_2$  до 1,0...1,5 % [15]. Исследования показали, что на минеральных землях в корнеобитаемой зоне на глубине 10...20 см воздух содержит 0,5...1,0 % углекислого газа.

Обобщенные результаты нашего 3-летнего изучения состава почвенного воздуха на осушенных торфяных почвах, приведенные в табл. 4, показывают, что на глубине до 10 см концентрация  $\text{CO}_2$  находится в пределах 0,30...0,40 % (объемные).

На глубине 30 см в почвенном воздухе всегда более 5,00...6,00 %  $\text{CO}_2$ . Содержание  $\text{CO}_2$  не снижается и при уровне грунтовых вод 70...80 см и более (табл. 4), т. е. при меньшей влажности, большем содержании воздуха и лучшей аэрации почвы.

Для изучения влияния  $\text{CO}_2$  на рост корней и формирование корневых систем был создан опытный участок. Весной поверхность почвы с растущими на ней соснами была покрыта полиэтиленовой пленкой, что ограничило аэрацию почвы. В мае концентрация  $\text{CO}_2$  в корнеобитаемой зоне повысилась до 3,70 %, в июне – до 4,30...5,30 %, в июле – до 5,10...6,20 %.

После снятия изоляции в конце августа выяснилось, что корни верхних горизонтов почвы вышли на ее поверхность и образовали сетку, корни нижних горизонтов, где концентрация  $\text{CO}_2$  повысилась до 5,00...6,00 %, отмерли. Грунтовые воды при этом находились на глубине 60...80 см.

Таблица 4

**Концентрация  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в почвенном воздухе и уровень грунтовых вод осушенного переходного болота**

Показатель	Месяц				Среднее значение
	V	VI	VII	VIII	
Концентрация, %:					
$\text{CO}_2$	0,39/5,50	0,31/6,70	0,45/9,00	0,31/7,50	0,38/7,10
$\text{O}_2$	20,28/6,50	20,37/11,20	20,19/11,60	20,16/6,10	20,24/6,30
Уровень грунтовых вод, см	35	52	78	84	69

Примечание. В числителе приведены данные для глубины 10 см, в знаменателе – 30 см.

Исследования показали, что высокое содержание  $\text{CO}_2$  является своеобразным биологическим барьером и препятствует прониканию корней в глубь почвенной толщи. Поэтому на осушенных торфяниках всегда формируются древостои с поверхностной корневой системой независимо от степени осушенности и уровня вод.

Для исследования эффективности осушения и роста леса в сосновых древостоях естественного происхождения и насаждениях, созданных посадкой, было заложено более 60 опытных участков в лесорастительных условиях разных типов болот.

Как видно из табл. 5, влияние осушения проявляется на росте древостоев в любых условиях. Однако влияет и возраст осушаемых древостоев. У сформировавшихся до осушения древостоев лесоводственный эффект осушения ниже. Так, древостои, осушенные в IV классе возраста, через 30 лет имели запас  $139 \text{ м}^3/\text{га}$ , а сформировавшиеся новые древостои практически такой же запас имели уже через 30 лет после осушения, во II классе возраста. Через 30 лет после осушения запас сформировавшихся после осушения древостоев составлял около  $230 \text{ м}^3/\text{га}$ .

На более богатых переходных торфяниках, через 30 лет после осушения, сосновые древостои росли по I-II классу бонитета с запасом  $213 \text{ м}^3/\text{га}$ , в 60-летнем возрасте рост этих древостоев оценивался I классом бонитета с запасом  $274 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Исследования показали, что на всех типах болот после осушения существенно увеличивается прирост древостоев. Однако на осушенных верховых болотах рост сформировавшихся древостоев оценивается не выше II, чаще III класса бонитета.

Таблица 5

**Таксационная характеристика сосновых древостоев естественного происхождения**

Возраст, лет	Средние		Число деревьев на 1 га, шт.	Полнота	Запас, $\text{м}^3/\text{га}$	Класс бонитета	Уровень грунтовых вод, см
	высота, м	диаметр, см					
80...100	11,1	8,1	3010	0,76	139	I-II	38
<i>Древостой, существовавший до осушения*</i>							
30...40	11,8	10,6	2583	0,83	136	II	32
70	17,8	16,5	1188	0,74	228	II	35
<i>Древостой, возникший после осушения*</i>							
60	19,7	18,8	1045	0,82	274	I	56
<i>Древостой, существовавший до осушения**</i>							
30	11,6	9,9	3186	0,96	213	I-II	56
38	15,3	12,8	2161	0,91	254	I	57
<i>Древостой, возникший после осушения**</i>							

\* Верховое болото.

\*\* Переходное болото.

На более богатых переходных болотах можно выращивать древостои I-Ia классов бонитета. Поскольку и низинные, и богатые переходные болота составляют в лесном фонде более 60 %, то их и следует рекомендовать к осушению.

В практике лесного хозяйства не всегда целесообразно осушать болота в расчете на формирование древостоев естественного происхождения. В более короткие сроки можно вырастить более продуктивные насаждения, создавая их посадкой. Культуры сосны могут достигать I-Ia классов бонитета (табл. 6).

Таблица 6

## Таксационная характеристика культур сосны на осушенных торфяниках

Возраст, лет	Средние		Число деревьев на 1 га, шт.	Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета	Уровень грунтовых вод, см
	высота, м	диаметр, см					
<i>На мощном переходном торфянике</i>							
30	10,7	10,3	2727	0,87	177	I	54
38	15,2	16,6	1185	0,89	256	I	58
<i>На маломощном торфянике</i>							
33	16,0	14,2	2156	1,1	287	Ia	> 60
49	23,2	20,1	1271	1,1	439	Ia	> 60

Посадку целесообразно проводить в подготовленную почву, формируя микроповышения. На болотах для этих целей используют пласты вдоль неглубоких канав (борозд), создаваемых канавокопателем типа ЛКА-2. На глубоких торфяниках пласт выполняет функции микроповышений, улучшая воздушный режим в корнеобитаемой зоне и предотвращая зарастание молодых посадок травянистой растительностью.

На мелких торфяниках, сформировавшихся на тяжелых слабодопроницаемых грунтах, борозды, образовавшиеся при создании пластов, выполняют и дренажные функции. В таких условиях борозды необходимо выводить в осушительные каналы. Проведенные исследования показали, что при создании лесных культур с выведенными в каналы бороздами, из которых отводится вода, корни культур сосны растут под дном борозд в сторону соседних пластов, формируя симметричную корневую систему. При заполненных водой бороздах корни растут только вдоль пластов, что со временем приводит к ветровальности насаждений.

На переходных торфяниках запас насаждений в возрасте около 40 лет достигал 256 м<sup>3</sup>/га, на более богатых торфяниках в 49-летнем насаждении – 439 м<sup>3</sup>/га. После осушения сильно увеличивается прирост по диаметру, что способствует формированию «рыхлой» древесины. В практической деятельности запас древесины часто оценивается не в объемных единицах, а по ее плотности [11]. На Малиновском стационаре кафедры почвоведения и гидро-мелиорации СПбГЛТУ были проведены исследования базисной плотности. В начале периода осушения базисная плотность древесины в сосновых древостоях II класса бонитета составляла 373 кг/м<sup>3</sup>. Исследования, проведенные здесь же через 25 лет, в древостое, оцениваемом I классом бонитета, базисная плотность увеличилась до 463 кг/м<sup>3</sup>.

О.И. Полубояринов установил, что начальная базисная плотность для сосняков II класса бонитета в Ленинградской области составляет  $(415 \pm 12)$  кг/м<sup>3</sup>. Следовательно, после осушения увеличивается не только объемная, но и весовая масса древесины.

Удаление избытка влаги при гидромелиорации не только улучшает аэрацию почвы и ее прогреваемость, что особенно важно в условиях бореальных лесов, но и изменяет характер почвообразовательного процесса. Формирование почв на осушенных землях зависит как от осушения, так и от формирующегося древостоя. Рассмотрим это на примере многолетних исследований кафедры почвоведения и гидромелиорации. В год осушения рассматриваемый участок был представлен торфяником с глубиной торфа до 50 см. В 1959 г. были созданы культуры сосны посадкой 2-летних саженцев. После осушения усилилось разложение торфа, что можно оценить по продуцированию и эмиссии CO<sub>2</sub>. При слабом осушении (уровень грунтовых вод – 25...30 см) продуцирование и эмиссия CO<sub>2</sub> составляют 38,4 кг/га в сутки, на интенсивно осушенном участке (уровень грунтовых вод – 40...50 см) – 73,6 кг/га в сутки. Произошли уплотнение, осадка и сработка торфа. Через 40 лет после осушения мощность торфа не превышает 26...35 см.

Изменилась и водопроницаемость торфа. В год осушения коэффициент фильтрации варьировал в пределах 2,6...13,5 м/сут. Через 22 года, когда сформировался древостой Ia класса бонитета высотой 11 м, с запасом древесины 210 м<sup>3</sup>/га и мощной корневой системой, за счет армирования почвы корнями коэффициент фильтрации увеличился до 19,4...36,0 м/сут, достигая в верхних горизонтах 70,0...110,0 м/сут.

В возрасте 33 и 45 лет древостой при высоте 16,0 и 28,5 м и с полнотой 1,0 имел запас соответственно 287 и 405 м<sup>3</sup>/га. В таком состоянии на суммарное испарение древостой расходовал влаги за период вегетации на 10...20 % больше, чем объем выпадающих осадков. Сменился тип водного режима с промывного (типичного для болотных почв) на выпотной (вероятно, транспирационный), когда большая часть влаги расходуется на испарение и транспирацию.

Напочвенный покров до осушения был представлен преимущественно гигрофитными растениями, в основном кукушкиным льном (*Polytrichum commune*), сфагнумом фискумом (*Sphagnum fuscum*), пушицей влагалищной (*Eriophorum vaginatum*). В насаждении 45-летнего возраста полнотой 1,1 при высоте более 23 м и с запасом древесины 439 м<sup>3</sup>/га преобладали мезофитные растения – щитовник мужской (*Driopteris filix mas*), кислица (*Oxalis acetosella*), черника (*Vaccinium myrtillus*), местами полевица обыкновенная (*Agrostis vulgaris*).

В результате разложения и минерализации зольность торфа возросла с 8...10 до 22...26 %. Опад хвои соснового насаждения увеличил кислотность почвы: показатель рН снизился от 4,7...4,8 до 3,8...4,1. Гидролитическая кислотность в год осушения составляла 31,4...45,2, через 40 лет после осушения – 47,6...65,5 мг-экв на 100 г почвы. Под влиянием осушения изменился процесс почвообразования и тип почвы.

В год осушения на верховом торфянике с большей глубиной торфа изменения почвы происходят медленнее. На опытном объекте в первые 2 года происходит осадка торфяника с глубиной торфа 2,0...2,3 м на 30...50 см. В уплотнившейся торфе в 1,0–1,5 раза уменьшился коэффициент фильтрации. В остальном торфяная залежь, за исключением поверхности болота, изменилась мало.

После осушения и облесения болот принципиально изменилась их гидрологическая роль. Обычно болота, большая часть которых образовалась путем зарастания озер, являются аккумуляторами воды.

Рассуждая о болоте, А.Д. Дубах говорит: «Что такое болото? Это озеро, содержащее 10 % земли, или земля, содержащая 90 % воды» [7].

Рост болот происходит в высоту за счет интенсивного нарастания сфагновых мхов, следовательно, ландшафт болота изменяется. По склону сверху увеличивается сток воды в реки в многоводные годы. Однако в засушливые годы водное питание водотоков в виде небольших ручьев прекращается, ручьи пересыхают.

По исследованиям К.Е. Иванова [5] сток ручьев на болотном стационаре Гидрологического института в сухие годы летом прекращался на 3 мес. и больше.

По нашим многолетним исследованиям водного баланса на болоте, осушенном с разной интенсивностью, выявлено другое. Осушение болот регулирует сток. На верховом болоте, осушенном с расстоянием между каналами 205 м, в среднем за 15 лет наблюдений стока летом не наблюдается в течение 35 дн. При более интенсивном осушении каналами, проведенными через 65 м, стока летом не было только 18 дн. От этого зависит водное питание рек. Уровни воды и расход летом на водосборах с осушенными болотами более устойчивы. Вода, поступающая в каналы путем фильтрации по осушительным каналам, подпитывает реки. Парадоксально, но справедливо: хочешь, чтобы реки летом были полноводными – осушай болота.

Таким образом, наше более чем полувековое изучение результатов осушения болот и разносторонние исследования на постоянных пробных площадях и стационарах показывают, что болота являются весьма перспективной категорией земель лесного фонда. Здесь можно выращивать высокопроизводительные древостои. Это показано и в работах [4, 13] по результатам исследований, проведенных в Вологодской и Архангельской областях.

После осушения и формирования насаждений под влиянием осушения и древостоя создается новый тип почв и складывается особенный почвообразовательный процесс.

Болота с осушительными каналами и высокобонитетными древостоями с хорошо развитой корневой системой обладают достаточно высокой емкостью аккумуляции почв и являются прекрасными регуляторами водного режима рек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабиков Б.В.* Экология сосновых лесов на осушенных болотах. СПб.: Наука, 2004. 166 с.

2. Быстров С.В. Материалы к познанию подзолистого процесса//Тр. Почвенного института. 1936. Т. 13.
3. Волперский С.Э. Биологические основы эффективности лесосушения. М.: Наука, 1968. 322 с.
4. Дружинин Н.А., Неволин О.А. Осушение лесов в Вологодской области. Вологда: МДК, 2001. 102 с.
5. Иванов К.Е. Сток с системы верховых болотных массивов//Тр. ТГИ. 1949. Вып. 13(67). С. 26–42.
6. Лопатин В.Д. О гидрологическом значении верховых болот//Вестн. ЛГУ. № 2 . 1949. С. 37–49.
7. Маслов Б.С. Пуленок П.И. Болото и пиар природных стихий. СПб.: МАНЭБ, 2011. 31 с.
8. Орлов А.Я. Влияние недостатка кислорода в воде на рост корней сосны, ели и березы//Физиология древесных растений. СПб., М.: Изд-во АН СССР, 1962.
9. Пахучий В.В. Водный режим в хвойных древостоях на старосушенных торфяниках. Л.: Наука, 1985. 72 с.
10. Писарьков Х.А. Влияние осушительной сети на водный режим и рост леса//Сб. тр. ЛТА. 1970. № 142. 90 с.
11. Полубояринов О.И., Сорокин А.М., Федоров Р.Б. Базисная плотность древесины и коры лесобразующих пород Европейской части России//Лесн. хоз-во. 2000. № 5. С. 35–36.
12. Проект отводнения первого хозяйственного отделения Лисинской дачи // Лесн. журн. 1847. № 6.
13. Тараканов А.М. Рост осушаемых лесов и ведение хозяйства в них. Архангельск: ГУП «Соломбальская типография», 2004. 228 с.
14. Цепляев В.П. Леса СССР. М.: Изд-во с.-х. лит., 1961. 455 с.
15. Childs W.H. Photosynthesis, Transpiration and Growth Apple Trees as Influenced by Various Concentration of Oxygen and Carbon Dioxide in the Soil Atmosphere // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1941. 38. P. 180–197.

Поступила 02.04.13

УДК 630\*631.634

### **Mires in the Forests of Russia and Their Use**

***V.V. Babikov, Doctor of Agriculture, Professor***

St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, Institutskiy pereulok, 5, St. Petersburg, 194021, Russia; e-mail: subota\_m@mail.ru

The mires are non-uniform in origin. The type of mire is connected with a type of aquamineral nourishment. This article presents the level of forests bogginess in Russia and their differences considering to the forestry usage. Also is indicated the influence of the drainage canals on the groundwater aquifers level and the forest growth on the dried up mires. The content of O<sub>2</sub> in the groundwater is studied. The soil air composition of the peat soil and the content and role of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> in it are studied. The methods of the natural afforestation of the innings through the creation (planting) of the forestry crops is also examined. The rating

of the silvicultural character of the innings and the quality of the wood is given. The water-regulating role of the forests formed on the innings is also shown in this article.

*Keywords:* mires, drainage, soil, water balance, oxygen in the water, concentration of the CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub>, soil air, drainage efficiency, water regime of rivers.

#### REFERENCES

1. Babikov B.V. *Ekologiya sosnovykh lesov na osushennykh bolotakh* [Ecology of Pine Forests on the Drainage Mires]. St. Petersburg, 2004. 166 p.
2. Bystrov S.V. Materialy k poznaniyu podzolistogo protsessa [Materials to the Cognition of Podsolic Process]. *Trudy Pochvennogo instituta* [Proc. of the Soil Institute], vol. 13, 1936.
3. Vomperskiy S.E. *Biologicheskie osnovy effektivnosti lesoosusheniya* [Biological Foundations of Forest Drainage Efficiency]. Moscow, 1969. 322 p.
4. Druzhinin N.A. *Osushenie lesov v Vologodskoy oblasti* [Forest Drainage in the Vologda Region]. Vologda, 2001. 102 p.
5. Ivanov K.E. Stok s sistemy verkhovykh bolotnykh massivov [Runoff from the High Bogs]. *Trudy TGI* [Proc. of the Hidrological Institute], 1949, vol.13, pp. 26–42.
6. Lopatin V.D. O gidrologicheskom znachenii verkhovykh bolot [Hidrological Role of High Bogs]. *Vestnik LGU*, 1949, no. 2, pp. 37–49.
7. Maslov B.S., Pilenok P. I. *Boloto i piar prirodnykh stikhiy* [Mire and Public Relations of Nature Elements]. St. Petersburg, 2011. 31 p.
8. Orlov A.I. A.Ya. Vliyaniye nedostatka kisloroda v vode na rost korney sosny, eli i berezy [Influence of Scarcity of Oxygen in the Water on the Growth of Pine, Spruce and Birch Roots]. *Fiziologiya drevnykh rasteniy* [Physiology of the Wood Plants]. St. Petersburg, 1962.
9. Pakhuchiy V.V. *Vodnyy rezhim v khvoynykh drevostoyakh na staroosushennykh torfyanikakh* [Water Regime in the Coniferous Forests on Drainage Peateries]. Leningrad, 1895. 72 p.
10. Pisar'kov Kh.A. *Vliyaniye osushitel'noy seti na vodnyy rezhim i rost lesa* [Influence Drainage on the Water Regime and Grows Forests: Collected Papers]. 1970. Vol. 142, 90 p.
11. Poluboyarinov O.I., Sorokin A.M., Fedorov R.B. Bazisnaya plotnost' drevesiny i kory lesoobrazuyushchikh porod Evropeyskoy chasti Rossii [Basis Density of Wood and Bark of Forest Generating Species in the European Part of Russia]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2000, no. 5, pp. 35–36.
12. Proekt otvodneniya pervogo khozyaystvennogo otdeleniya Lisinskoy dachi [Drainage Project of the Lisinsk Wood Plot Separation]. *Lesnoy zhurnal*, 1847, no. 6.
13. Tarakanov A.M. *Rost osushaemykh lesov i vedenie khozyaystva v nikh* [Forest Growth after Drainage and Their Management]. Arkhangelsk, 2004. 228 p.
14. Tseplyaev V.P. *Les SSSR* [Forest of the USSR]. Moscow, 1961. 455 p.
15. Childs W.H. *Photosynthesis, Transpiration and Growth apple trees as influenced by various concentration of oxygen and carbon dioxide in the soil atmosphere*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1941, no. 38, pp. 180–197.

УДК 630\*624.3:630\*174.754 (470.58)

## **ОПЫТ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ В ОДНОВОЗРАСТНЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ СОСНЯКАХ ПОДЗОНЫ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

© *С.В. Залесов, д-р с.-х. наук, проф.*

*Е.С. Залесова, асп.*

*А.В. Данчева, асп.*

*Ю.В. Федоров, студ.*

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: zalesov@usfeu.ru

В одновозрастных 90–100-летних сосняках подзоны северной лесостепи проанализирована лесоводственная эффективность рубок обновления, выполненных площадковым и равномерным способами. Интенсивность рубок площадковым способом составляла 25 %, равномерным – 10, 20 и 30 % по запасу. Вырубаемые площадки имели форму треугольника, параллелограмма, прямоугольника и эллипса. Площадь вырубаемых площадок: 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4 га. Каждый вариант был выполнен в 4-кратной повторности. Вырубленные площадки были оставлены под естественное лесовосстановление за исключением шести площадок в форме прямоугольника и параллелограмма размером 0,3 и 0,4 га, где вручную под меч Колесова были созданы лесные культуры сосны 2-летними сеянцами. Экспериментально установлено, что спустя 10 лет после рубки максимальное количество подроста сосны накапливается при равномерном способе рубки интенсивностью 20 %. Однако подрост при этом сильно угнетен. При площадковом способе худшие показатели подроста зафиксированы на площадках треугольной формы всех размеров. Площадки зарастают кустарниковой ивой и мягколиственными древесными породами. Максимальное количество жизнеспособного крупного подроста сосны зафиксировано на площадках в виде прямоугольника и параллелограмма площадью 0,4 га. Для обновления перестойных сосновых насаждений можно использовать площадковый способ рубки интенсивностью 25 % с площадками прямоугольной формы размером 100 × 40 м (площадь 0,4 га). Для ускорения обновления на вырубаемых площадках можно рекомендовать создание лесных культур сосны 2-летними сеянцами, что позволит сократить период между приемами до 5–7 лет и закончить обновление древостоя за 15–20 лет.

*Ключевые слова:* рубки обновления, площадковый способ, равномерное изреживание, сосняки, подзона северной лесостепи, подрост, подлесок, лесовосстановление, лесные культуры.

Обновление спелых и перестойных рекреационных насаждений является одной из важнейших проблем рационального лесопользования [1]. В разновозрастных темнохвойных и смешанных насаждениях данная проблема может быть в определенной степени решена ландшафтными рубками, проводимыми по принципу добровольно-выборочных. В процессе этих рубок из древостоя изымают спелые и перестойные экземпляры, освобождая место для более



молодых деревьев и крупного подроста. Другими словами, ротация возрастных поколений осуществляется без нарушения основных природных закономерностей. Однако данный подход абсолютно неприемлем для спелых и перестойных одновозрастных сосновых насаждений, произрастающих в подзонах южной тайги и северной лесостепи. Последнее объясняется тем, что равномерное изреживание древостоя приводит к задернению почвы, а формирующийся под пологом подрост сосны чаще всего погибает, не выдерживая конкуренции со стороны материнского древостоя.

Широко практикуемые в настоящее время выборочные санитарные рубки не решают задачу обновления насаждения, поскольку по своему определению преследуют совершенно другие цели. Кроме того, ведение лесного хозяйства в рекреационных насаждениях, нацеленное на использование древесины больных, отмирающих и отмерших деревьев, совершенно не оправдано с экономической точки зрения, так как противоречит принципу рационального лесопользования.

Указанные обстоятельства свидетельствуют об актуальности разработки новых, а также адаптации в конкретных лесорастительных условиях известных способов рубок, позволяющих не только омолаживать насаждения и заготавливать при этом высококачественную древесину, но и обеспечивать поддержание устойчивости и рекреационной привлекательности насаждений.

Нами предпринята попытка оценки лесоводственной эффективности рубок обновления одновозрастных сосновых насаждений, выполненных различными способами.

В соответствии с поставленной задачей на территории Кетовского участкового лесничества (Курганская область, Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной лесной район, лесостепная зона [4]) в 2002 г. заложен научно-производственный стационар общей площадью 71,4 га (см. рисунок). Территория стационара была разделена на 5 секторов (А, Б, В, Г, Д). В секторах А, Б, В, Г выполнены рубки обновления площадковым способом интенсивностью 25 %, в секторе Д – равномерным способом с интенсивностью изреживания 10, 20 и 30 % по запасу.

При проведении рубок обновления площадковым способом были учтены рекомендации предыдущих исследований [1, 6]. В секторах А, Б, В в четырех повторностях закладывались постоянные пробные площади (ППП) с вырубаемыми площадками разной формы.

В секторе А форма вырубаемых площадок была треугольной с размерами: А-1 – 100 × 80 м; А-2 – 100 × 60 м; А-3 – 100 × 40 м; А-4 – 100 × 20 м.

В секторе Б вырубаемые площадки имели форму параллелограмма с размерами: Б-1 – 94 × 50 м; Б-2 – 89 × 40 м; Б-3 – 85 × 30 м; Б-4 – 82 × 20 м.

В секторе В вырублены прямоугольные площадки с размерами: В-1 – 100 × 40 м; В-2 – 100 × 30 м; В-3 – 100 × 20 м и В-4 – 100 × 10 м.

Таким образом, в секторах А, Б, В были заложены в четырехкратной повторности ППП с площадью вырубленных площадок 0,4; 0,3; 0,2 и 0,1 га.

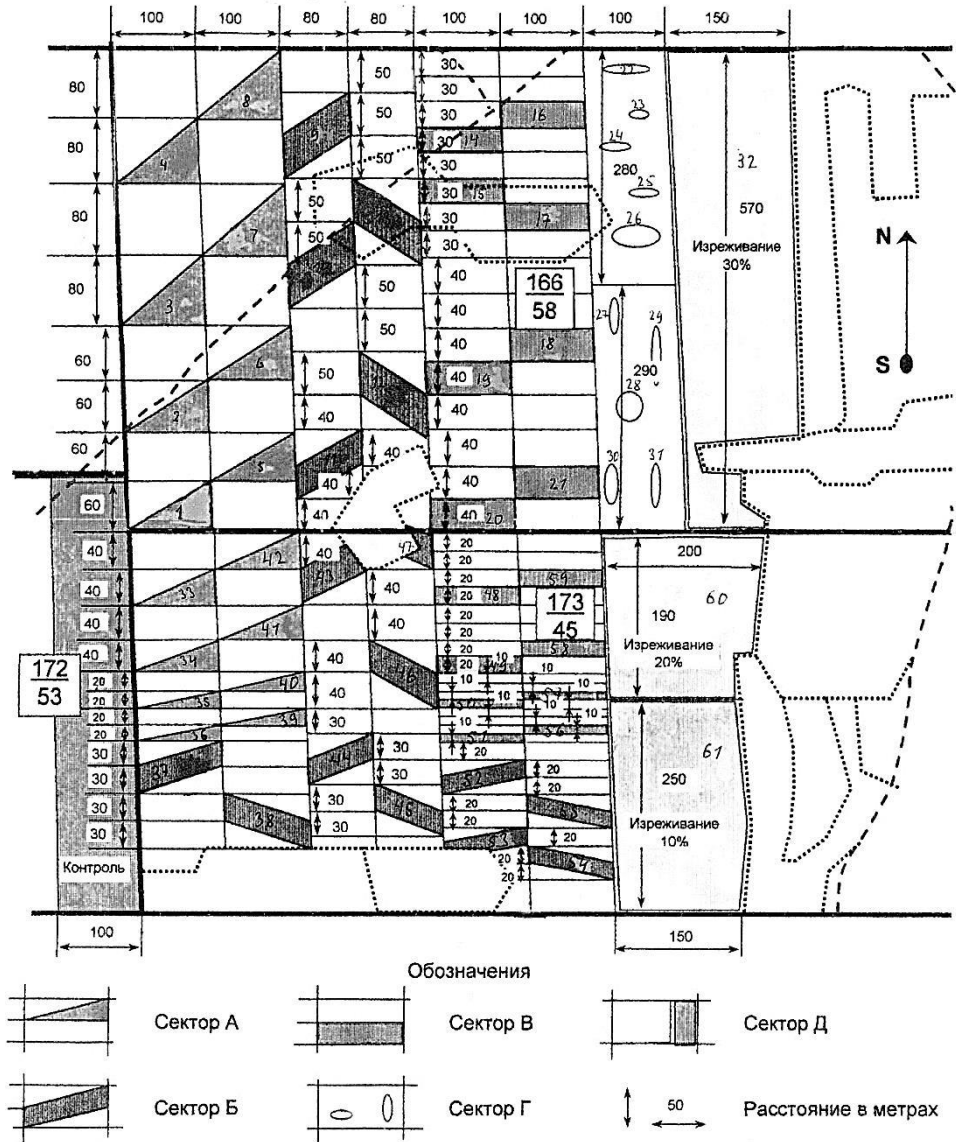


Схема постоянного стационара в кварталах 166 (выдел 1, 2), 173 (выдел 1) и 172 (выдел 6) в масштабе 1 : 5000 (в 1 см – 50 м)

В секторе Г проведены рубки обновления площадковым способом с вырубными площадками в форме эллипса вокруг куртин имеющегося подроста. На ППП Г-1 (площадь 2,9 га) было вырублено 5 площадок, вытянутых с севера на юг, на ППП Г-2 (площадь 2,8 га) – 5 площадок, вытянутых с запада на восток.

В секторе Д заложено три ППП: Д-1, Д-2 и Д-3 площадью 3,7; 3,8 и 8,5 га соответственно. На указанных ППП, как отмечалось ранее, проведены рубки обновления равномерным способом интенсивностью 10, 20 и 30 %.

Валку деревьев при разработке площадок проводили бензомоторной пилой МП-5 «Урал», обрезку сучьев – бензомоторной пилой «Хускварна», трелевку хлыстов – трактором МТЗ-82 по технологиям, предложенным С.Н. Санниковым и его коллегами [6]. Очистку мест рубок производили путем сбора порубочных остатков в кучи с последующим их сжиганием в пожаробезопасный период.

Все вырубленные площадки были оставлены под естественное лесовосстановление за исключением одной в форме параллелограмма площадью 0,4 га и пяти площадок в форме прямоугольника (три – по 0,3 га, две – по 0,4 га), где проведено искусственное лесовосстановление. Лесные культуры сосны обыкновенной были созданы посадкой 2-летних сеянцев вручную под меч Колесова в дно плужных борозд, проложенных плугом ПКЛ-70. Густота посадки – 6 тыс. экз./га, схема посадки 2,5 × 0,6 м.

До рубки на территории стационара произрастали сосновые насаждения брусничного типа леса с незначительной примесью березы повислой в составе древостоев (табл. 1).

Таблица 1

**Основные таксационные показатели насаждений стационара на начало эксперимента**

№ кварта- тала	№ вы- дела	Площадь выдела, га	Состав древос- тоя	Средние			Класс бони- тета	Пол- но- та	За- пас, м <sup>3</sup> /га
				возраст, лет	высота, м	диаметр, см			
166	1	41,0	8С2С+Б	110	27	32	II	0,7	340
				85	24	26			
166	2	2,4	8С2Б	90	24	32	II	0,6	270
173	1	28,0	9С1Б	110	27	36	II	0,7	360

Под пологом древостоя до рубки имел место групповой подрост сосны высотой до 3 м в возрасте 15...20 лет.

Спустя 10 лет после рубки были обследованы все ППП стационара. В процессе обследования выполнены работы по определению успешности естественного лесовосстановления на вырубленных площадках и участках равномерного изреживания древостоя с учетом общеизвестных апробированных методик [2]. При этом на каждой вырубленной площадке равномерно по площади было заложено по 25 учетных площадок размером 2 × 2 м, в лесных культурах – по 2 учетных площадки размером 10 × 10 м. В последнем случае учет сохранившихся экземпляров лесных культур и самосева производили отдельно. Весь подрост при учете делили по породам, жизненному состоянию и группам высот. На тех же площадках, где учитывался подрост, производили перечет подлеска с распределением его по видам.

Исследования показали, что на успешность естественного лесовосстановления оказывает влияние как форма вырубаемых площадок, так и их площадь (табл. 2).

Таблица 2

Среднее количество жизнеспособного подроста по группам высот спустя 10 лет после рубок обновления площадковым способом

Форма площадки	Количество подроста по группам высот, м										Всего					
	>0,5			0,5...1,5			>1,5			Итого	С	Б	Ос	Итого		
	С	Б	Ос	С	Б	Ос	С	Б	Ос							
	<i>Площадь вырубленных площадок 0,4 га</i>															
Треугольник	0,04	0,08	-	0,08	0,05	2,55	0,17	3,18	2,55	0,58	3,30	0,17	3,18	2,55	0,58	3,30
Параллелограмм	1,2	2,4	-	1,39	1,5	77,3	5,2	96,4	77,3	17,6	100,0	5,2	96,4	77,3	17,6	100,0
Параллелограмм	0,10	1,39	-	21,6	3,06	1,65	4,55	4,97	1,65	0,26	6,46	4,55	4,97	1,65	0,26	6,46
Параллелограмм	1,5	21,6	-	2,64	47,4	25,5	70,5	76,9	25,5	4,0	100,0	70,5	76,9	25,5	4,0	100,0
Параллелограмм	-	2,64	-	37,2	2,71	1,08	5,35	62,7	1,08	0,66	7,09	5,35	62,7	1,08	0,66	7,09
Параллелограмм	1,23	37,2	-	1,25	38,2	15,2	9,3	1,91	15,2	9,3	100	75,5	62,7	15,2	9,3	100
Эллипс (запад-восток)	26,3	1,25	0,13	32,8	0,16	1,24	0,51	40,9	0,16	0,51	100,0	2,64	1,91	1,39	0,64	4,67
Эллипс (север-юг)	1,56	0,86	0,13	1,07	0,53	2,38	0,18	3,09	0,53	0,18	5,72	2,95	3,09	2,46	0,31	5,72
Эллипс (север-юг)	27,3	15,0	2,3	18,7	9,3	41,6	3,1	54,0	9,3	3,1	100,0	51,6	54,0	43,0	5,4	100,0
	<i>Площадь вырубленных площадок 0,3 га</i>															
Треугольник	0,42	0,73	0,10	1,09	0,50	2,68	1,65	3,69	2,68	0,51	5,20	1,65	3,69	2,78	0,77	5,20
Параллелограмм	8,1	14,0	1,9	20,9	9,6	51,6	9,8	71,0	51,6	9,8	100,0	31,7	71,0	53,5	14,8	100,0
Параллелограмм	2,30	1,36	0,23	2,44	0,98	2,64	4,64	4,21	2,64	0,59	8,95	4,64	4,21	2,87	1,44	8,95
Параллелограмм	25,7	15,2	2,6	27,3	10,9	29,5	6,6	47,0	29,5	6,6	100,0	51,8	47,0	32,1	16,1	100,0
Параллелограмм	-	1,25	0,31	1,56	2,19	4,06	4,47	6,72	4,06	4,47	8,28	3,44	6,72	4,37	0,47	8,28
Параллелограмм	1,25	15,1	3,7	18,8	26,4	49,1	5,7	81,2	26,4	5,7	100,0	41,5	81,2	52,8	5,7	100,0
	<i>Площадь вырубленных площадок 0,2 га</i>															
Треугольник	1,25	0,42	0,21	0,63	0,42	2,03	1,67	2,63	2,03	0,18	4,51	1,67	2,63	2,45	0,39	4,51
Параллелограмм	27,7	9,3	4,7	14,0	9,3	45,0	4,0	58,3	45,0	4,0	100,0	37,0	58,3	54,3	8,7	100,0
Параллелограмм	1,67	0,71	1,27	2,13	0,39	3,23	3,98	3,98	3,23	0,36	7,78	2,77	3,98	4,50	0,51	7,78
Параллелограмм	21,5	9,1	16,3	27,3	5,0	41,5	4,7	51,2	41,5	4,7	100,0	35,6	51,2	57,8	6,6	100,0
Параллелограмм	1,36	2,15	0,15	2,94	0,65	2,00	4,16	3,24	0,65	0,59	7,54	4,16	3,24	2,15	1,23	7,54
Параллелограмм	18,0	28,5	2,0	39,0	8,7	26,5	7,8	43,0	8,7	7,8	100,0	55,2	43,0	28,5	16,3	100,0
	<i>Площадь вырубленных площадок 0,1 га</i>															
Треугольник	-	0,10	0,10	0,43	0,50	1,92	0,60	3,19	1,92	0,77	3,62	0,60	3,19	2,02	1,00	3,62
Параллелограмм	2,21	2,8	0,38	11,9	13,8	53,0	21,3	88,1	53,0	21,3	100	16,6	88,1	55,8	27,6	100
Параллелограмм	28,6	1,24	1,7	1,75	0,20	2,57	3,77	3,77	2,57	1,00	7,73	3,65	3,77	2,95	1,13	7,73
Параллелограмм	1,89	0,83	0,58	2,22	2,6	33,3	12,9	48,8	33,3	12,9	100,0	47,2	48,8	31,8	14,6	100,0
Параллелограмм	26,8	11,7	8,2	24,2	3,3	36,9	8,8	49,0	3,3	8,8	100,0	29,5	49,0	31,8	13,1	100,0

Примечания. 1. Здесь и далее, в табл. 3, в числителе приведены данные в тыс. экземпляров на 1 га, в знаменателе – в процентах. 2. С – сосна обыкновенная, Б – береза повислая, Ос – осина.

Таблица 3

Среднее количество жизнеспособного подроста по группам высот спустя 10 лет после рубок обновления равномерным способом

Интенсивность рубки, %	Количество подроста по группам высот, м												Всего		
	<0,5			0,5...1,5			>1,5			Итого	Ос	Б	Ос	Итого	
	С	Б	Итого	С	Б	Итого	С	Б	Итого						
10	1,05	-	1,05	0,20	0,20	2,15	2,10	0,90	3,00	5,10	1,10	-	6,20		
	16,9		16,9	3,2	3,2	34,7	33,9	14,5	48,4	82,3	17,7		100,0		
20	3,11	0,04	3,15	0,22	0,04	3,99	2,15	1,32	3,56	8,99	1,58	0,13	10,70		
	29,1	0,4	29,5	2,0	0,4	37,3	20,1	12,3	33,2	84,1	14,7	1,2	100,0		
30	2,55	-	2,55	0,29	0,29	3,01	0,91	0,83	1,77	6,18	1,12	0,03	7,33		
	34,8		34,8	4,0		41,1	12,4	11,3	24,1	84,3	15,3	0,4	100,0		

Данные табл. 2 свидетельствуют, что на всех вырубленных площадках спустя 10 лет после рубки имеется подрост трех пород лесобразователей (сосны обыкновенной, березы повислой и осины) общим количеством от 3,30 до 8,95 тыс. экз./га. Минимальным количеством подроста характеризуются площадки треугольной формы. Максимальное количество подроста зафиксировано на площадках в форме прямоугольника и параллелограмма, площадки в форме эллипса, независимо от расположения их относительно сторон света, занимают по указанному показателю среднее значение.

Особо следует отметить, что на всех площадках треугольной формы в составе подроста доминирует береза повислая, в то время как на площадках другой формы, чаще всего доминирует сосна. Последнее объясняется продолжающимся процессом накопления подроста данной породы. В частности, доля мелкого подроста сосны спустя 10 лет после рубки достигает 28,6 % от общего количества жизнеспособного подроста, в то время как мелкий подрост мягколиственных пород не зафиксирован ни на одной из вырубленных площадок.

Данные о количестве подроста спустя 10 лет после рубок обновления, выполненных равномерным способом, приведены в табл. 3. Эти данные свидетельствуют, что при проведении рубок обновления равномерным способом в формирующемся подросте абсолютно доминирует сосна, на долю которой приходится 84,1...94,6 % от его общего количества. При этом количество подроста сосны при интенсивности равномерной рубки 10, 20 и 30 % больше такового при площадковом способе рубки и варьирует от 5,10 до 8,99 тыс. экз./га. Следует отметить, что спустя 10 лет после рубки равномерным способом на всех ППП доминирует мелкий и средний подрост, доля крупного подроста сосны не превышает 2,15 тыс. экз./га.

Для оценки успешности лесовосстановления нами произведен перерасчет подроста на крупный с использованием коэффициентов перевода [3, 5]: для мелкого подроста – 0,5; среднего – 0,8; крупного – 1,0.

Данные, приведенные в табл. 4, свидетельствуют, что большинство вырубленных площадок не в полной мере обеспечено подростом сосны.

Таблица 4

**Обеспеченность подростом сосны ППП спустя 10 лет  
после рубок обновления площадковым способом**

Форма площадки	Количество подроста в пере-счете на крупный, тыс. экз./га				Формула состава подроста	Встречае-мость подроста сосны, %	Обеспе-ченность подростом
	С	Б	Ос	Итого			
<i>Площадь вырубленных площадок 0,4 га</i>							
Треугольник	0,13	2,55	0,58	3,26	7,8Б1,8Ос0,4С	23	Не обесп.
Параллело-грамм	4,22	1,65	0,26	6,13	6,9С2,7Б0,4Ос	37	Обесп.
Прямоугольник	4,82	1,08	0,66	6,56	7,4С1,6Б1,0Ос	67	Обесп.
Эллипс (запад-восток)	1,78	1,36	0,61	3,75	4,7С3,6Б1,7Ос	36	Не обесп.
Эллипс (север-юг)	2,00	2,44	0,28	4,72	5,2Б4,2С0,6Ос	42	Не обесп.
<i>Площадь вырубленных площадок 0,3 га</i>							
Треугольник	1,29	2,76	0,72	4,77	5,8Б2,7С1,5Ос	35	Не обесп.
Параллело-грамм	3,22	2,82	1,27	7,31	4,4С3,9Б1,7Ос	51	Обесп.
Прямоугольник	3,19	4,31	0,47	7,97	5,4Б4,0С0,6Ос	44	Обесп.
<i>Площадь вырубленных площадок 0,2 га</i>							
Треугольник	1,05	2,37	0,35	3,77	6,3Б2,8С0,9Ос	26	Не обесп.
Параллело-грамм	1,79	4,25	0,48	6,52	6,5Б2,7С0,8Ос	43	Не обесп.
Прямоугольник	3,05	2,12	1,10	6,27	4,9С3,4Б1,7Ос	50	Обесп.
<i>Площадь вырубленных площадок 0,1 га</i>							
Треугольник	0,58	2,00	0,95	3,53	5,7Б2,7Ос1,6С	14	Не обесп.
Параллело-грамм	2,30	2,87	1,10	6,27	4,6Б3,7С1,7Ос	42	Не обесп.
Прямоугольник	1,89	3,06	0,86	5,81	5,3Б3,2С1,5Ос	35	Не обесп.

Худшими показателями подроста характеризуются ППП с размером вырубленных площадок 0,1 га. Во всех вариантах опыта на этих площадках в составе подроста доминирует береза, встречаемость сосны не превышает 42 %.

Лучшими результатами характеризуются рубки обновления, выполненные площадковым способом (площадь прямоугольных площадок 0,4 га). В этом варианте опыта в составе подроста абсолютно доминирует сосна обыкновенная при встречаемости 69 %. Особо следует отметить, что спустя 10 лет после рубки подрост на вырубленных прямоугольных площадках площадью 0,4 га описывается как молодняк, т. е. можно проводить второй прием рубки.

Лучшими показателями при равномерно-выборочном способе рубок обновления характеризуется вариант с интенсивностью изреживания 20 %. При этом доля сосны в составе подроста достигает 80 % при встречаемости 75 % (табл. 5). При увеличении и уменьшении интенсивности рубки густота и встречаемость подроста сосны уменьшаются при сохранении ее доли в составе.

Таблица 5

**Обеспеченность подростом сосны спустя 10 лет после рубок обновления равномерным способом**

Интенсивность рубки, %	Количество подроста в пересчете на крупный, тыс. экз./га				Формула состава подроста	Встречаемость подроста сосны, %	Обеспеченность подростом
	С	Б	Ос	Итого			
10	4,19	1,05	–	5,24	8,0С2,0Б	74	Обесп.
20	6,69	1,52	0,12	8,33	8,0С1,8Б0,2Ос	75	Обесп.
30	4,36	1,06	0,03	5,45	8,0С1,9Б0,1Ос	55	Обесп.

Одной из причин низкой обеспеченности подростом сосны вырубленных площадок является разрастание подлеска. Последний представлен ивой и рябиной высотой более 1,5 м (табл. 6).

Таблица 6

**Количество подлеска (тыс. экз./га) спустя 10 лет после рубок обновления площадковым способом**

Форма площадки	Количество подлеска по группам высот, м							Встречаемость, %	
	0,5...1,5		> 1,5			Итого			
	Ива	Ива	Рябина	Всего	Ива	Рябина	Всего	Ива	Рябина
<i>Площадь вырубленных площадок 0,4 га</i>									
Треугольник	–	5,44	0,36	5,80	5,44	0,36	5,80	74,8	14,8
Параллелограмм	0,10	5,63	0,42	6,05	5,73	0,42	6,15	86,0	10,0
Прямоугольник	0,07	0,84	–	0,84	0,91	–	0,91	27,5	–
Эллипс (запад-восток)	–	1,43	0,10	1,53	1,43	0,10	1,53	34,2	4,8
Эллипс (север-юг)	–	0,55	–	0,55	0,55	–	0,55	19,8	–
<i>Площадь вырубленных площадок 0,3 га</i>									
Треугольник	0,38	5,20	0,06	5,26	5,58	0,06	5,64	76,5	2,5
Параллелограмм	0,15	0,90	–	0,90	1,05	–	1,05	23,5	–
<i>Площадь вырубленных площадок 0,2 га</i>									
Треугольник	0,08	2,81	–	2,81	2,89	–	2,89	56,5	–
Параллелограмм	0,08	1,45	0,45	1,90	1,53	0,45	1,98	29,8	16,8
Прямоугольник	0,31	1,55	–	1,55	1,86	–	1,86	39,0	–
<i>Площадь вырубленных площадок 0,1 га</i>									
Треугольник	0,21	1,00	0,21	1,21	1,21	0,21	1,42	30,8	8,5
Параллелограмм	–	0,97	–	0,97	0,97	–	0,97	26,0	–
Прямоугольник	0,38	2,76	–	2,76	3,14	–	3,14	52,8	–

Данные табл. 6 свидетельствуют о том, что на количество и встречаемость подлеска большое влияние оказывает форма, а не размер вырубаемых площадок. В частности, прямоугольные площадки площадью 0,2...0,4 га характеризуются меньшими показателями густоты и встречаемости ивы при отсутствии рябины по сравнению с площадками аналогичного размера в форме треугольника и параллелограмма. Однако на прямоугольных площадках размером 0,1 га густота ивы достигает 3,13 тыс. экз./га, ее встречаемость выше, чем на вырубаемых площадках в форме треугольника и параллелограмма.

При равномерном изреживании древостоя подлесок находится в угнетенном состоянии и не оказывает существенного влияния на процесс накопления подроста (табл. 7).

Таблица 7

**Количество подлеска (тыс. экз./га) спустя 10 лет после рубок обновления равномерным способом**

Интенсивность рубки, %	Количество подлеска по группам высот, м		Всего	Встречаемость, %	
	0,5...1,5 м	> 1,5 м		Ива	Рябина
	Рябина	Ива			
10	0,05	–	0,05	–	4
20	–	0,04	0,04	4	–
30	–	0,03	0,03	4	–

Ускорение обновления сосновых древостоев может быть обеспечено искусственным лесовосстановлением на вырубаемых площадках. Выполненные нами исследования показали, что через 10 лет после создания лесных культур сосны обыкновенной на всех вырубленных площадках сформировались сосновые молодняки с незначительной примесью мягколиственных пород (табл. 8).

Таблица 8

**Характеристика лесных культур спустя 10 лет после посадки на площадках разных форм и размеров**

Площадь вырубаемых площадок, га	Лесные культуры сосны		Самосев			Суммарные характеристики	
	густота, тыс. экз./га	средняя высота, м	порода	густота, тыс. экз./га	средняя высота, м	густота, тыс. экз./га	формула состава насаждения
<i>Площадка в форме параллелограмма</i>							
0,4	2,65	2,7	Б Ос	1,40 0,10	2,5 1,5	4,15	6СЗБ1Ос
<i>Площадка прямоугольной формы</i>							
0,3	4,15	2,9	Б Ос	0,75 0,05	2,6 1,4	4,95	8С2БедОс
0,3	2,80	2,1	Б Ос	0,35 0,25	2,0 2,0	3,40	8С1Б1Ос
0,3	1,65	2,7	Б Ос	1,05 0,50	2,8 2,3	3,20	5СЗБ2Ос
0,4	3,95	2,9	Б Ос	1,25 0,50	2,6 2,2	5,20	8С2Б
0,4	3,00	2,8	Б Ос	0,25 0,50	2,3 2,2	3,75	8С1Б1Ос



Данные табл. 8 свидетельствуют, что лучшими таксационными показателями характеризуются лесные культуры сосны, создаваемые на площадках размером 0,4 га. В этом варианте опыта спустя 10 лет после посадки 2-летних сеянцев лесные культуры имеют не только максимальную среднюю высоту по сравнению с лесными культурами сосны, созданными на площадках другой формы и размера, но и лучший состав. Доля мягколиственных пород в этом варианте опыта невелика, а их средняя высота меньше таковой у культур сосны, что исключает необходимость рубок ухода на первом этапе лесовыращивания.

Увеличение вырубаемых площадок прямоугольной формы до 0,4 га позволяет не только обеспечить быстрое лесовосстановление, но и создает условия для механизации работ по подготовке почвы и созданию лесных культур.

#### *Выводы*

1. Обновление одновозрастных рекреационных сосновых насаждений подзоны северной лесостепи затруднено отсутствием научно обоснованных рекомендаций по проведению соответствующих видов рубок.

2. Равномерное изреживание древостоев способствует накоплению подроста сосны, однако уже к 10-летнему возрасту он испытывает сильное угнетение, что вызывает опасность интенсивного отпада с увеличением давности рубки.

3. При проведении рубок обновления площадковым способом максимальный лесоводственный эффект достигается на прямоугольных площадках размером 0,4 га. Худшими показателями характеризуется подрост на площадках треугольной формы.

4. Для ускорения обновления перестойных сосновых насаждений можно рекомендовать площадковый способ рубки интенсивностью 25 % с площадками прямоугольной формы размером 0,4 га и посадкой лесных культур сосны обыкновенной. Предлагаемый вариант рубки позволяет сократить период между приемами до 5–7 лет и закончить обновление древостоя за 15–20 лет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамова Л.П., Залесов С.В., Казанцев С.Г., Луганский Н.А., Магасумова А.Г.* Рубки обновления и переформирования в лесах Урала: моногр. Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. 264 с.

2. *Залесов С.В., Зотеева Е.А., Магасумова А.Г., Швалева Н.П.* Основы фитомониторинга: учеб. пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. 76 с.

3. Инструкция по сохранению подроста и молодняка хозяйственно-ценных пород при разработке лесосек и приемке от лесозаготовителей вырубок с проведенными мероприятиями по восстановлению леса. М.: Рослесхоз, 1984. 17 с.

4. Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации: приказ Федерального агентства лесного хозяйства РФ № 61 от 9 марта 2011 г.; регистр. в Минюсте РФ 28 апреля 2011 г. № 20617.

5. Правила лесовосстановления: утв. приказом МПР России от 16.07.2007 № 183.  
6. Санников С.Н., Санникова Н.С., Поздеев Е.Г., Санников Д.С., Петрова И.В. Принципы системы рубок обновления и лесовосстановления в лесах I группы на лесоводственно-экономической основе (на примере лесов Свердловской области). Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 67 с.

Поступила 08.07.13

УДК 630\*624.3:630\*174.754 (470.58)

### **Experience of Regeneration Fellings in the Even-Aged Pine Forests of the Northern Forest-Steppe Subzone**

*S.V. Zalesov, Doctor of Agriculture, Professor*

*E.S. Zalesova, Postgraduate Student*

*A.V. Dantcheva, Postgraduate Student*

*Ju.V. Fedorov, Student*

Ural State Engineering University, Sibirskiy tract, 37, Yekaterinburg, 620100, Russia; e-mail: zalesov@usfeu.ru

The paper deals with silvicultural effectiveness of regeneration fellings in the even-aged ninety-centenary pine forests of the northern forest steppe subzone. The fellings have been carried out by two methods: at the sites and shelterwood. The intensity of the site fellings was equal to 25 %; by uniform (shelterwood) method – 10, 20, 30 % in accordance with their stock. The felling sites were of triangle, parallelogram, rectangle and ellipse forms. The squares of the felling sites were of 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ha. Each variant was carried out as 4-time replications. The felling sites were left for the natural forest regeneration, except 6 sites with the forms of rectangle and parallelogram with the sizes 0,3 and 0,4 ha. On these sites by human force using Kolesov's planting iron forest cultures of pine have been formed by planting 2-years seedlings. It has been proved experimentally that in ten years after the felling the maximum amount of the pine staddle was accumulated when the uniform method of felling of 20 % intensity had been used. But in this case the staddle was suppressed. With the site method of felling the worst data have been registered on the sites of triangular forms of all sizes. These sites become thickly wooded by willow and soft-wooded broadcasting kinds. The maximum amount of large viable pine staddle has been fixed up on the sites of rectangular and parallelogram forms of 0,4 ha sizes. The sites method of felling of 25% intensity on the sites of rectangular forms with the size 100 x 40 m (0,4 ha) can be recommended for the renewal of declining pine stockings. The coppicing of the pine forest cultures by 2-years seedlings can be recommended to speed up the renewal of cutting drifts. This method can reduce the period between the fellings up to 5-7 years and complete the stocking renewal for 15-20 years.

*Keywords:* regeneration fellings, site method, space thinning, pine stands, northern forest-steppe subzone, staddle, nether vert, regeneration, forest culture.

#### REFERENCES

1. Abramova L.P., Zalesov S.V., Kazantsev S.G., Lugansky N.A., Magasumova A.G. *Rubki obnovleniya i pereformirovaniya v lesah Urala* [Regeneration Fellings and Restocking Fellings in the Forests of the Urals: Monograph.]. Yekaterinburg, 2007. 264 p.

2. Zalesov S.V., Zoteeva E.A., Magasumova A.G., Shvaleva N.P. *Osnovy fitomonitoringa* [The Basics of Phytomonitoring]. Yekaterinburg, 2007. 76 p.

3. *Instrukcija po sohranjeniju podrosta i molodnjaka hozjajstvenno cennyh porod pri razrabotke leseok i priemke ot lesozagotovitelej vyrubok s provedennymi meroprijatijami po vosstanovljeniju lesa* [Instruction on Saving of Staddle and Young Growth Valuable Breeds by Development of Cut-Over Lands and Accepting Restored Fellings from the Lumberers]. M., 1984. 17 p.

4. *Ob utverzhdenii perechnja lesorastitel'nyh zon Rossijskoj Federacii i perechnja lesnyh rajonov Rossijskoj Federacii. Federal'noe agentstvo lesnogo hozjajstva. Prikaz ot 9 marta 2011 g. № 61.* [The Order of The Federal Forestry Agency “Approval of the List of Forest Zones of the RF and the List of Forest Areas of the RF”. The order No. 61 of March 9, 2011].

5. *Pravila lesovosstanovlenija* [The Rules of the Forest Regeneration]. The order No. 183 of July 16, 2007.

6. Sannikov S.N., Sannikov N.S., Pozdeev E.G., Sannikov D.S., Petrova I.V. *Principy sistemy rubok obnovlenija i lesovosstanovlenija v lesah I gruppy na lesovodstvenno - jekonomicheskoj osnove (na primere lesov Sverdlovskoj oblasti)* [Principles of System of Regeneration and Reforestation in the Forests of the 1<sup>st</sup> Group at the Forestry - Economic Basis (for Example the Forests of the Sverdlovsk Region)]. Yekaterinburg, 1999. 67 p.

---

УДК 630\*232

## РОСТ И СОСТОЯНИЕ КУЛЬТУР СОСНЫ РАЗНОЙ ГУСТОТЫ В СЕРЕБРЯНОБОРСКОМ ОПЫТНОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

© М.Д. Мерзленко, д-р с.-х. наук, проф., вед. науч. сотр.

Ю.Б. Глазунов, канд. с.-х. наук, науч. сотр.

Институт лесоведения РАН, ул. Советская, 21, п/о Успенское, Московская обл., Россия, 143030; e-mail: root@ilan.ras.ru

Исследован рост экспериментальных лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) разной густоты посадки, созданных в 1948 г. Первоначальная густота посадки на пяти опытных участках составила 2, 4, 8, 16 и 32 тыс. экз./га. На них были выполнены перечеты в культурах возраста 22, 30 и 65 лет. Установлены существенные различия в характере возрастного изменения производительности и структуры древостоев. В возрасте от 22 до 30 лет, т. е. за период фазы жердняка, культуры с густотой посадки 2 тыс. экз./га улучшили средний класс роста по Крафту. На остальных участках произошло его снижение, наиболее сильное – в крайне загущенных посадках (32 тыс. экз./га). К возрасту 65 лет представленность деревьев различных классов Крафта значительно выравнялась, наибольший запас стволовой древесины был в культурах с густотой посадки 2 тыс. экз./га, наименьший – при 32 тыс. экз./га. По мере увеличения густоты посадки снизилась сохранность деревьев: до 2,6 % при густоте посадки 32 тыс. экз./га, тогда как в самых редких по густоте посадки культурах она составила 50,8 %. Таким образом, создание лесных культур сосны с высокой густотой посадки (более 10 тыс. экз./га) нецелесообразно.

*Ключевые слова:* лесные культуры, сосна обыкновенная, густота посадки.

Опытные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) разной густоты посадки были заложены однолетними сеянцами весной 1948 г.\* в кв. 43 (тогда – кв. 238) Серебряноборского опытного лесничества Института леса. Сеянцы получены из питомника Павлово-Посадского лесхоза.

По данным книги учета лесных культур, лесокультурная площадь, отведенная под опытные культуры, до 1934 г. находилась под сельскохозяйственным использованием. В 1934 г. были посажены культуры сосны, но они погибли от личинок майского хруща. По 1947 г. включительно участок использовался под посадку картофеля и выращивание овощей. Почва тогда была охарактеризована как слабоподзолистая хрящеватая супесь. В конце апреля 1948 г. лесокультурная площадь была вспахана сплошь и проборонована в два следа. Использовался однолемешный плуг и борона «зиг-заг». Личинок майского хруща обнаружено не было. Посадку сосны выполняли с 5 по 10 мая 1948 г. под

---

\* Научным сотрудником Института леса АН СССР М.Т. Камкамидзе.

меч Колесова. Качество посадки (в ходе технической приемки) было отмечено в книге учета лесных культур как «исключительно хорошее». Агротехнический уход за посадками первого года проведен только один раз (в начале июля 1948 г.) и заключался в мотыжении приствольных кругов вокруг сеянцев. В последующие два года были выполнены шесть агротехнических уходов.

Опытные культуры были заложены на пяти делянках площадью 0,25 га каждая (всего 1,25 га). Варианты испытываемой густоты: 2 тыс. посадочных мест на 1 га (размещение 2,24 × 2,24 м); 4 тыс. (1,58 × 1,58 м); 8 тыс. (1,11 × 1,11 м); 16 тыс. (0,79 × 0,79 м); 32 тыс. (0,56 × 0,56 м). С западной стороны данная экспериментальная площадь граничила с сосново-лиственничными культурами 1944 г.

Начиная с 1958 г., в основном по 1978 г., опытные культуры изучались рядом исследователей [1–5, 7–12]. Сравнивая особенности роста культур, они пришли к выводу, что оптимальная густота посадки – 4...8 тыс. однолетних сеянцев на 1 га.

К 70-м гг. XX в. в культурах начала проявляться корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). К 1978 г. она затронула постоянные пробные площади с вариантами густоты 2, 16 и 32 тыс. экз./га. Однако в целом на начало вегетации 1978 г. опытный объект был в относительно хорошем состоянии. Проведенные в этот период подробные почвенные исследования показали, что почва на опытном объекте дерново-скрытоподзолистая песчаная на древнеаллювиальном песке. Лесорастительные условия, по классификации А.А. Крюденера [6], соответствуют наземистому бору, т. е. приближаются к простой свежей субори (B<sub>2</sub>).

На всех пяти делянках, независимо от густоты посадки, в последние 43 года насаждения росли по Ia классу бонитета (табл. 1). В фазе жердняка, до 30 лет, лучшую сохранность растений имели культуры с густотой посадки 2 тыс. экз./га (74,4 %) и 4 тыс. экз./га (59,7 %). Наихудшая сохранность наблюдалась у культур с густотой посадки 32 тыс. экз./га и составляла 11,9 %. В возрасте от 22 до 30 лет, т. е. за период фазы жердняка, культуры с густотой посадки 2 тыс. экз./га улучшили средний класс по Крафту, тогда как на остальных участках произошло его снижение, наиболее сильное – в крайне загущенных посадках (32 тыс. экз./га).

В 30-летнем возрасте наиболее продуктивными насаждениями стали культуры сосны с густотой посадки 8 и 4 тыс. экз./га. В конце фазы жердняка (весна 1978 г.) на всех пяти делянках проведены рубки ухода. Они были осуществлены незадолго до нашего второго перечета, выполненного 20–28 июля 1978 г. В результате рубки с 1 га на экспериментальных участках по мере увеличения густоты посадки было взято 25, 29, 68, 134 и 81 м<sup>3</sup> стволовой древесины. Следует отметить, что в самых густых культурах уже проводился лесоводственный уход в 22-летнем возрасте, при котором выбирались сильно угнетенные тонкомерные деревья, а также стволы, поврежденные снеголомом. К сожалению, данных по объему древесины и количеству вырубленных деревьев не сохранилось.

Таблица 1

Таксационные характеристики опытных участков сосны разной густоты посадки

Возраст культуры, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Средний класс Крафта	Густота стояния, экз./га	Сохранность деревьев, %	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Запас стволной древесины, м <sup>3</sup> /га
				<i>Густота посадки 2 тыс. экз./га; 2,24 × 2,24 м</i>			
22	13,6	12,2	II,3	1827	91,4	21,4	180
30	14,6	15,5	II,0	1488	74,4	29,3	219
65	26,4	26,5	III,3	1015	50,8	55,8	686
				<i>Густота посадки 4 тыс. экз./га; 1,58 × 1,58 м</i>			
22	13,4	10,1	II,2	2727	68,2	21,9	208
30	14,7	12,9	II,4	2388	59,7	32,6	241
65	24,7	24,1	III,4	960	24,0	43,6	505
				<i>Густота посадки 8 тыс. экз./га; 1,11 × 1,11 м</i>			
22	13,1	8,1	II,6	5680	71,0	29,3	236
30	14,8	11,7	III,3	2960	37,0	33,6	258
65	27,3	26,6	III,0	839	10,5	46,8	592
				<i>Густота посадки 16 тыс. экз./га; 0,79 × 0,79 м</i>			
22	12,2	6,7	II,8	9655	60,3	34,0	239
30	14,3	10,2	III,3	2711	16,9	26,2	187
65	25,9	22,3	III,5	1062	6,6	41,3	502
				<i>Густота посадки 32 тыс. экз./га; 0,56 × 0,56 м</i>			
22	12,0	5,9	II,6	11100	34,7	34,9	241
30	13,8	9,6	III,4	3800	11,9	28,8	189
65	24,8	25,2	III,3	824	2,6	41,0	475

Общая производительность (наличный запас в 30 лет плюс древесина от проведенных в фазе жердняка рубок ухода) была следующей: 244, 270, 326, 321 и 270 м<sup>3</sup>/га в порядке увеличения густоты посадки культур. Исходя из общей производительности культур, их средний прирост по вариантам густоты составил соответственно 8,1; 9,0; 10,8; 10,7 и 9,0 м<sup>3</sup>/га, текущий прирост за период фазы жердняка – 8,0; 7,8; 11,3; 10,3 и 3,6 м<sup>3</sup>/га в год. Таким образом, в 30 лет культуры с густотой посадки 8 тыс. экз./га оказались самыми продуктивными.

Изначально густота посадки между крайними вариантами опыта различалась в 16 раз. После проведенных в 1978 г. рубок ухода густота стояния (число растущих деревьев) стала отличаться гораздо меньше – в 2,55 раза. Напряженные конкурентные отношения, характерные для фазы жердняка, привели к перегруппировкам деревьев по их классовому представительству в древостоях. За 8-летний период, прошедший между переучетами 1970 и 1978 гг., представленность деревьев различных классов Крафта на всех опытных объектах значительно изменилась (см. рисунок, табл. 2). Лучшее состояние как по числу деревьев, улучшивших свой класс, так и по числу деревьев, сохранивших свое положение, зафиксировано в культурах с первоначальной густотой посадки 2 тыс. экз./га, отчасти – 4 и 8 тыс. экз./га. Так, в культурах с густотой посадки 2 тыс. экз./га в возрасте 22 года относительное количество деревьев I класса Крафта составило 15,7 %. К 30-летнему возрасту 3,7 % из них перешли во II, 0,5 % – в III класс Крафта. При этом значительная часть деревьев (26,7 %), класс Крафта которых был равен II, а также 2,1 % деревьев III класса Крафта, улучшили свое положение в древостое до I класса Крафта. В результате этого представленность деревьев I класса Крафта в возрасте 30 лет стала 40,3 %. Количество деревьев IV и V классов Крафта осталось практически неизменным. Напротив, в культурах с густотой посадки 16 и 32 тыс. экз./га большинство деревьев в возрасте 22 года были I и II классов Крафта, деревьев IV и V классов Крафта практически не было. В возрасте 30 лет в этих насаждениях количество лидирующих деревьев значительно уменьшилось, при этом большая часть их перешла в IV и V классы Крафта. В целом 82,2 и 81,4 % деревьев в этих культурах ухудшили свой класс Крафта.

Таблица 2

**Изменение представленности деревьев сосны разных классов Крафта  
в фазе жердняка (от 22 до 30 лет)**

Характер изменения класса Крафта	Изменение представленности, % к общему количеству деревьев в культурах, при густоте посадки, тыс. экз./га				
	2	4	8	16	32
Деревья, улучшившие свой класс по Крафту	43,5	6,6	3,9	2,7	2,3
Деревья, сохранившие свое ранговое положение	41,8	52,6	39,5	15,1	16,3
Деревья, ухудшившие свой класс по Крафту	14,7	40,8	56,6	82,2	81,4

Класс Крафта	Класс Крафта					
	I	II	III	IV	V	Σ
I	11,5	3,7	0,5			15,7
II	26,7	20,4	5,2			52,3
III	2,1	12,6	5,7	3,1	1,1	24,6
IV			1,6	2,6	1,1	5,3
V				0,5	1,6	2,1
Σ	40,3	36,7	13,0	6,2	3,8	100

а

Класс Крафта	Класс Крафта					
	I	II	III	IV	V	Σ
I	15,0	17,1				32,1
II	1,5	30,1	13,2	0,6		45,4
III		4,5	4,5	3,9	1,8	14,7
IV			0,6	2,7	4,2	7,5
V					0,3	0,3
Σ	16,5	51,7	18,3	7,2	6,3	100

б

Класс Крафта	Класс Крафта					
	I	II	III	IV	V	Σ
I	9,3	3,5	1,9			14,7
II	3,9	18,9	14,2	9,2	5,1	51,3
III			0,8	6,9	10,8	18,5
IV				5,2	5,0	10,2
V					5,3	5,3
Σ	13,2	22,4	16,9	21,3	26,2	100






в

Класс Крафта	Класс Крафта					
	I	II	III	IV	V	Σ
I	9,6	11,0	12,3			32,9
II	2,7	4,1	11,0	19,2	20,5	57,5
III			1,4	2,7	4,1	8,2
IV				1,4	1,4	
V					-	
Σ	12,3	15,1	24,7	21,9	26,0	100

г

Класс Крафта	Класс Крафта					
	I	II	III	IV	V	Σ
I	7,0	9,3	7,0	2,3		25,6
II	2,3	9,3	13,9	18,7	20,9	65,1
III				2,3	7,0	9,3
IV						
V						
Σ	9,3	18,6	20,9	23,3	27,9	100

д

-  – в 1970 году (22 года);
-  – в 1978 году (30 лет);
-  – деревья, класс Крафта которых не изменился;
-  – деревья, класс Крафта которых улучшился;
-  – деревья, класс Крафта которых ухудшился.

Представленность, %, деревьев по классам Крафта в культурах разной густоты и характер ее изменения в фазе жердняка:  
 а – густота 2 тыс. экз./га; б – 4; в – 8; г – 16; д – 32 тыс. экз./га

Текущий прирост по диаметру у деревьев I класса Крафта с 1970 по 1978 гг. был самым высоким в культурах с густотой посадки 2 тыс. экз./га, тогда как в культурах с густотой посадки 32 тыс. экз./га он, напротив, был самым низким (табл. 3).



Таблица 3

**Текущий прирост по диаметру у деревьев разных классов Крафта (от 22 до 30 лет)**

Густота посадки культур, тыс. экз./га	Текущий прирост, см/год, по классам Крафта				
	I	II	III	IV	V
2	0,49	0,28	0,19	0,08	0,04
4	0,45	0,28	0,14	0,09	0,04
8	0,42	0,26	0,17	0,10	0,05
16	0,38	0,30	0,25	0,12	0,04
32	0,28	0,26	0,13	0,10	0,08

Результаты нашего последнего пересчета в 2013 г. показали, что прирост и производительность были наивысшими в культурах сосны с густотой посадки 2 и 8 тыс. экз./га (см. табл. 1). Закономерно, что по мере увеличения густоты посадки снизилась сохранность деревьев: до 2,6 % при густоте посадки 32 тыс. экз./га. При этом в самых редких по густоте посадки культурах она составила 50,8 %. В абсолютных величинах разница в числе отпавших деревьев была весьма внушительной и в порядке увеличения густоты посадки составила 985, 3 040, 7 161, 14 938 и 31 176 экз./га.

К настоящему времени, т. е. в 65-летнем возрасте лесных культур, решающим фактором для роста насаждений стала уже не первоначальная густота посадки, а густота стояния. Во всех вариантах опыта она, по причине как естественного отпада, так и в результате рубок промежуточного пользования, значительно выровнялась (табл. 1). В 30 лет число произраставших деревьев различалось в 2,55 раз с явной тенденцией к увеличению на участках с высокой густотой посадки. В 65 лет разрыв сократился до 1,29, причем соответствия изменения густоты стояния густоте посадки культур не наблюдалось. Также значительно уменьшилось варьирование среднего класса Крафта: в 65 лет оно составило III,02 – III,49; в 30 лет диапазон значений был значительно шире: I,96 – III,42. Максимальные запас стволовой древесины и сумма площадей сечений деревьев в 65-летнем возрасте были на участке с густотой посадки 2 тыс. экз./га, насаждения на участках с густотой посадки 16 и 32 тыс. экз./га отставали по этим показателям.

Распределение деревьев сосны по классам Крафта в 65-летних опытных культурах (табл. 4) свидетельствует о лучшем состоянии искусственного насаждения с первоначальной густотой посадки 8 тыс. экз./га: здесь больше деревьев высших (I и II) и меньше деревьев низших (IV и V) классов Крафта. Во всех остальных вариантах густоты посадки около половины деревьев являются отставшими в росте. Их накопление должно привести к усиленному отпаду в перспективе. В настоящий момент на всех пробных площадях зафиксировано крайне незначительное количество сухостоя (в среднем 5,93 %), при этом за последние 35 лет ни рубок ухода, ни санитарных рубок на этих участках не проводилось.

**Представленность деревьев сосны по классам Крафта  
в 65-летних опытных культурах**

Густота посадки сосны, тыс. экз./га	Представленность деревьев, %, по классам Крафта				
	I	II	III	IV	V
2	6,1	21,2	24,2	33,3	15,2
4	5,0	11,3	32,5	32,5	18,7
8	9,4	28,3	28,3	18,9	15,1
16	6,9	10,8	33,1	32,3	16,9
32	8,0	15,9	28,4	36,4	11,3

Следует отметить, что в средней полосе России аналогов данному эксперименту нет. Длительный мониторинг на опытных участках и анализ полученных данных позволяют сделать вывод о бесперспективности создания лесных культур с густотой посадки 10 тыс. экз./га и более. Для изначально загущенных культур характерны напряженные конкурентные отношения между деревьями в фазе жердняка, приводящие к очень высокому отпаду. В конечном итоге густота насаждений выравнивается, но при этом производительность изначально загущенных культур оказывается меньше по сравнению с культурами, имевшими наименьшую густоту посадки. Для типа условий местопроизрастания В<sub>2</sub> оптимальной является густота посадки культур 2...8 тыс. экз./га.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакуров А.Д. Опыт рядовых и гнездовых посадок сосны разной густоты // Лесн. хоз-во. 1963. № 12. С. 66–67.
2. Вакуров А.Д. Рубки ухода в культурах разной густоты // Лесн. хоз-во. 1967. № 2. С. 24–25.
3. Вакуров А.Д. Рост сосны в культурах разной густоты в Серебряноборском опытном лесничестве // Сложные боры хвойно-широколиственных лесов и пути ведения лесного хозяйства в лесопарковых условиях Подмосквья. М.: Наука, 1968. С. 196–208.
4. Вакуров А.Д. Тридцатилетний опыт выращивания сосновых культур разной густоты под Москвой // Лесоведение. 1979. № 6. С. 81–85.
5. Вакуров А.Д., Уткина А.Г. Основные результаты лесоводственных исследований // Природа Серебряноборского лесничества в биогеоценотическом освещении. М.: Наука, 1974. С. 355–367.
6. Крюденер А.А. Основы классификации типов насаждений. Петербург: Тип. Главного управления уделов, 1917. 318 с.
7. Пинчук А.М. Влияние различной густоты посадки на рост сосны обыкновенной // Тр. Ин-та леса и древесины СО АН СССР. 1961. Т. 50. С. 43–48.
8. Пинчук А.М. Особенности роста сосны в культурах разной густоты // Лесн. хоз-во. 1961. № 1. С. 63–64.
9. Пинчук А.М. Влияние густоты древостоя на развитие ассимиляционного аппарата сосны // Леса Подмосквья (Материалы к биогеоценотическому изучению). М.: Наука, 1965. С. 115–131.

10. Пинчук А.М. Освещенность в культурах сосны различной густоты // Лесн. хоз-во. 1965. № 4. С. 15–17.

11. Пинчук А.М. К физиологическому обоснованию густоты культур сосны (на примере Московской обл.): автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. М., 1967. 19 с.

12. Пинчук А.М., Ломов В.Д. Влияние густоты сосновых молодняков на анатомические показатели древесины и накопление органической массы // Науч. тр. МЛТИ. 1973. Вып. 49. С. 38–42.

Поступила 23.06.14

УДК 630\*232

### **Growth and State of Pine Cropper with Different Density in Serebryanoborskoe Experienced Forestry**

*M.D. Merzlenko, Doctor of Agriculture, Professor, Senior Research Scientist*

*Yu. B. Glazunov, Candidate of Agriculture, Researcher, Research Officer*

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, Sovetskaya, 21, Uspenskoe, Moscow Region, 143030, Russia; e-mail: root@ilan.ras.ru

The growth of experimental artificial stands of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) with different planting density, created in 1948, has been investigated. Primary planting density on the 5 experimental ground was 2; 4; 8; 16 and 32 thousand seedlings per ha. They were researched at the cultures age of 22; 30 and 65 years. The essential differences in the nature of age changes of the productivity and structure of forest stands has been identified. At the age of 22 to 30 years, on the period of polewood phase, cultures with planting density of 2.0 thousand trees per ha improved the middle class of the growth by Kraft, whereas in other areas it was lowering, with the most strong was in extremely dense plantation (32.0 thousand trees per ha). To the age of 65 years, the representation of the different classes of trees significantly evened out, the greatest supply of stem wood was in cultures with planting density of two thousand trees per ha, while the lowest – 32.0 thousand trees per ha. To increasing of planting density decreased preservation of trees up to 2.6 % for planting density of 32.0 thousand trees per ha, whereas in the sparsest on planting density cultures it was 50.8 %. Thus the creation of pine plantations with high planting density (more than 10.0 thousand trees per ha) would be inappropriate.

*Keywords:* artificial stands, Scotch pine, planting density.

#### REFERENCES

1. Vakurov A.D. Opyt ryadovykh i gnezdovykh posadok sosny raznoy gustomy [The Experience of Line and Bunch Pine Planting of Various Density]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1963, no. 12, pp. 66–67.

2. Vakurov A.D. Rubki ukhoda v kul'turakh raznoy gustomy [Cleaning Cutting in Cropper of Various Density]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1967, no. 2, pp. 24–25.

3. Vakurov A.D. Rost sosny v kul'turakh raznoy gustomy v Serebryanoborskom opyt-nom lesnichestve [Pine Growth in Cropper of Various Density in Serebryanoborskoe Forestry]. *Slozhnye bory khvoyno-shirokolistvennykh lesov i puti vedeniya lesnogo khozyaystva v lesoparkovykh usloviyakh Podmoskov'ya* [Complicated Coniferous Large-Leaved Forests and Forest Management in Amenity Forests of the Moscow Region]. Moscow, 1968, pp. 196–208.

4. Vakurov A.D. Tridtsatiletniy opyt vyrashchivaniya sosnovykh kul'tur raznoy gustoty pod Moskvoy [Thirty-Years Experience of Pine Planting of Various Density under Moscow]. *Lesovedenie*, 1979, no. 6, pp. 81–85.

5. Vakurov A.D., Utkina A.G. Osnovnye rezul'taty lesovodstvennykh issledovaniy [Fundamental Results of Forestry Researches]. *Priroda Serebryanoborskogo lesnichestva v biogeotsenoticheskom osveshchenii* [Nature of the Serebryanoborskoe Forestry in Biogeocenosis Elucidation]. Moscow, 1974, pp. 355-367.

6. Kryudener A.A. *Osnovy klassifikatsii tipov nasazhdeniy* [Classification Basis of Planting Types]. Petrograd, 1917. 318 p.

7. Pinchuk A.M. *Vliyanie razlichnoy gustoty posadki na rost sosny obyknovенnoy* [The Influence of Planting with Various Density on Scotch Pine Growth: Collected Papers]. 1961, vol. 50, pp. 43–48.

8. Pinchuk A.M. Osobennosti rosta sosny v kul'turakh raznoy gustoty [The Features of Pine Growth in Cropper with Various Density]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1961, no. 1, pp. 63–64.

9. Pinchuk A.M. Vliyanie gustoty drevostoya na razvitie assimilatsionnogo apparata sosny [The Influence of Forest Stand Density on Evolution of Assimilatory Pine Instrument]. *Lesa Podmoskov'ya* [Forests of Moscow Region]. Moscow, 1965, pp. 115-131.

10. Pinchuk A.M. Osveshchennost' v kul'turakh sosny razlichnoy gustoty [Illumination in Pine Cropper with Various Density]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1965, no. 4, pp. 15–17.

11. Pinchuk A.M. *K fiziologicheskomu obosnovaniyu gustoty kul'tur sosny*. avtoref. diss.... kand. s.-kh. nauk. [To Physiological Substantiation of Pine Cropper Density: Cand. Tech. Sci. Diss. Abs.]. Moscow, 1967. 19 p.

12. Pinchuk A.M., Lomov V.D. *Vliyanie gustoty sosnovykh molodnyakov na anatomicheskie pokazateli drevesiny i nakoplenie organicheskoy massy* [The influence of Pine Growing Stock Density on Anatomical Wood Indexes and Magnification of Organic Mass: Collected Papers]. 1973, vol. 49, pp. 38-42.

---

УДК 58.087:630\*165.1

## ОСОБЕННОСТИ ФЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ СИБИРСКОЙ ПО ФОРМЕ СЕМЕННОЙ ЧЕШУИ

© *Н.А. Бабич*<sup>1</sup>, *д-р с.-х. наук, проф.*

*Р.С. Хамитов*<sup>2</sup>, *канд. с.-х. наук, доц.*

*С.М. Хамитова*<sup>2</sup>, *канд. с.-х. наук, доц.*

*В.Н. Воробьев*<sup>2</sup>, *асп.*

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: les@agtu.ru

<sup>2</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, ул. Шмидта, 2, пос. Молочное, г. Вологда, Россия, 160555; e-mail: r.s.khamitov@mail.ru

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) разводится за пределами своего ареала благодаря орехоносному значению. Источником получения семян в таких регионах могут служить кедровники, созданные ранее и вступившие в пору плодоношения. Генетический потенциал таких насаждений определяется степенью их внутривидового разнообразия, обусловленной индивидуальной изменчивостью. Характер апофиза шишек сосны кедровой сибирской является диагностически важным признаком, определяющим потенциальную урожайность ореха, и может быть использован при проведении селекции вида по товарным признакам урожая. Однако его применение в фенетическом анализе осложняется сбором шишек с учетных или модельных деревьев и отсутствием рекомендаций по отбору с них образцов. Исследования проведены в целях определения методики отбора образцов шишек для оценки внутривидового разнообразия. Опавшие шишки собирали без разделения по учетным деревьям (затрудненного в полевых условиях) в районе интродукции (Чагринская роща, Грязовецкий район Вологодской области) и ареала породы (Полуяновский кедровый бор, Вагайский район Тюменской области). В Чагринской роще также отбирали образцы отдельно по деревьям и сравнивали с ранее полученными результатами. О полиморфности судили по частоте встречаемости шишек с различным типом апофиза. Сравнительный анализ обоих методов отбора образцов не выявил статистически существенных различий между результатами проводимых исследований. Таким образом, в неурожайные годы или при невозможности определить принадлежность опавших шишек к конкретному дереву можно рекомендовать общий сбор всех шишек с пробной площади, позволяющий достаточно достоверно охарактеризовать фенетическую структуру популяции. С использованием данной методики экспериментально доказан высокий уровень генетического потенциала вида в интродукционном насаждении.

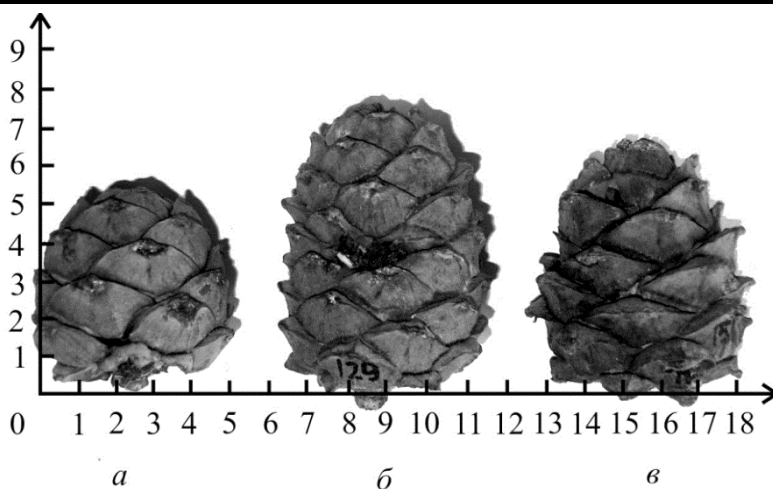
*Ключевые слова:* кедр сибирский, полиморфизм, фенетический анализ, генетический потенциал, интродукция.

Интродукция является признанным способом повышения продуктивности лесов [7]. Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) интересна, прежде всего, благодаря своему орехоносному значению. При интродукции кедр сибирского в новые климатические условия европейской части России

большое внимание следует уделять выбору материнских популяций. Как правило, определение районов-доноров материала для репродукции осуществляется посредством создания сети географических культур. Не менее привлекательными для заготовки семян являются и уже существующие и обильно плодоносящие местные насаждения вида – интродукционные популяции. В этой связи такие объекты нуждаются в комплексном и всестороннем изучении. Так, И.И. Дроздов отмечает [2], что данное лесокультурное наследие следует использовать, прежде всего, в качестве маточников для внедрения наиболее ценных форм, для чего следует обратить внимание генетиков и селекционеров на решение интродукционных задач с использованием теоретических положений учения Н.И. Вавилова.

Известно, что генетический потенциал популяций, планируемых для дальнейшей репродукции, определяется степенью их внутривидового разнообразия, обусловленного индивидуальной изменчивостью. Учитывая, что генетический анализ популяций затруднен, для суждения об их полиморфности используют фенетический анализ, подробно изложенный в работе Л.А. Животовского [3]. При подобных исследованиях внутривидовое разнообразие принято оценивать по среднему числу морф в популяции. Считается, что при неравномерном распределении числа форм этот показатель меньше количества рассматриваемых вариаций признака, а при равномерном равен единице. Структуру разнообразия оценивают по доле редких морф, различие популяций, выраженное соотношением форм, – показателем сходства и критерием г идентичности I.

Для фенетического анализа предварительно следует выделить четко дискретные фены, наследуемость которых не вызывает сомнений. По мнению многих исследователей [4–6, 8], значительная изменчивость наблюдается у генеративных органов кедровых сосен. Шишки кедра сибирского различают по форме, окраске, типу апофиза, размерам и содержанию в них семян, диссимметрии навинчивания чешуй. Отмечается также варибельность массы, размеров и цвета семян. Окраска шишек довольно разнообразна в пределах даже одной популяции. Встречаются светло-серые, розовые, коричневые, красноватые, фиолетовые экземпляры. Считается, что этот признак в пределах кроны дерева остается неизменным, однако не оказывает существенного влияния на размеры шишек, количество и качество формируемых в них семян [6]. По форме различают цилиндрические, яйцевидные, конусовидные, округлые шишки. По данному фену отмечается связь с размерами и массой шишек, количеству и массе содержащихся в них семян. Вместе с тем форма шишек имеет высокую эндогенную изменчивость, т. е. варьирует в пределах кроны [6]. Отмечено наличие трех типов апофиза семенных чешуек: плоский, бугорчатый и крючковатый (см. рисунок). Заметим, что М.П. Абатуровой [1] в качестве элементарного морфологического признака ели также была выбрана форма наружного края семенной чешуи.



Изменчивость шишек по форме апофиза: *a* – плоские, *б* – бугорчатые, *в* – крючковатые (на осях приведены размеры шишек в сантиметрах)

Исследования, проведенные нами ранее, показывают [8], что характер апофиза шишек сосны кедровой сибирской является диагностически важным маркерным признаком, определяющим потенциальную урожайность кедрового ореха, и может быть использован при проведении селекции вида по товарным признакам урожая (размер и масса шишек и содержащихся в них семян). Так, по своей длине образцы с плоским апофизом уступают бугорчатым и крючковатым в среднем на 8 % (достоверность  $t_{\phi} > t_{st}$ ). Данный показатель в значительной степени коррелирует с количеством образующихся семян ( $r = 0,58$ ) и их массой ( $r = 0,51$ ). Прослеживается тенденция уменьшения диаметра шишек от плоских к крючковатым экземплярам. По массе шишек достоверное различие на 5 %-ом уровне значимости наблюдается между бугорчатыми и крючковатыми шишками. Бугорчатые в среднем весят на 11 % больше.

В этой связи для характеристики формовой структуры популяций сосны сибирской весьма удобен данный элементарный и четко дискретный фен, явно сцепленный с рядом хозяйственно-ценных признаков семенной продуктивности. Однако его использование в фенетическом анализе осложняется сбором шишек с учетных или модельных деревьев и отсутствием рекомендаций по отбору с них образцов (требуемое количество моделей и количество отбираемых шишек). Нами предложена упрощенная методика, позволяющая судить с минимальной статистической ошибкой о фенетической структуре популяции. Ниже приведены ее особенности.

Для оценки внутривидового разнообразия собирали опавшие шишки без разделения по учетным деревьям (затрудненного в полевых условиях) в районах интродукции (Чагринская роща, Грязовецкий район Вологодской области) и ареала породы (Полуяновский кедровый бор, Вагайский район Тюменской области), рекомендованного лесосеменным районированием в качестве поставщика семян. О полиморфности судили по частоте встречаемости шишек

с различным типом апофиза. Для проверки гипотезы о надежности методики при благоприятном стечении обстоятельств (значительная масса опада в результате сильного порывистого ветра) в Чагринской роще отбирали образцы отдельно по деревьям и сравнивали с ранее полученными результатами (см. таблицу).

**Формовое разнообразие популяций сосны сибирской и их сходство**

Популяция	Встречаемость форм*			Среднее число морф	Доля редких морф	Показатель сходства между парами	Критерий идентичности**
	П	Б	К				
Полюяновский бор	0,02	0,13	0,85	2,03±0,14	0,32±0,05	0,77±0,03	102,18
Чагринская роща:							
общий сбор	0,25	0,53	0,22	2,87±0,06	0,04±0,02	1,00±0,0002	0,75
подеревный анализ	0,24	0,50	0,26	2,91±0,08	0,03±0,03		

\* Тип апофиза (П – плоский, Б – бугорчатый, К – крючковатый).

\*\* Критерий Пирсона  $\chi^2_{05} = 5,99$ ;  $\chi^2_{01} = 9,21$ ;  $\chi^2_{001} = 13,82$ .

В Полюяновском бору преобладает крючковатая форма шишек. Встречаемость этого морфологического типа составляет 0,85, редким фенотипом является плоская форма (встречаемость  $p = 0,02$ ). Доля редких морф составляет  $0,32 \pm 0,05$ . В Чагринской кедровой роще значительно чаще встречаются бугорчатые экземпляры (0,53), примерно поровну плоских и крючковатых форм (0,25 и 0,22). Различие популяций статистически достоверно, поскольку показатель идентичности  $I = 102,18$  и значительно выше табличного значения критерия Пирсона на 99,9 %-ом уровне значимости. Интересным фактом является более высокий показатель среднего числа морф ( $2,87 \pm 0,06$ ) в Чагринской роще, находящейся в зоне интродукции, по сравнению с тюменской популяцией ареала вида ( $2,03 \pm 0,14$ ), что свидетельствует о большем внутривидовом разнообразии (по данному фену) интродукционных культур и соответственно большей их экологической пластичности.

Сравнение результатов разных методов отбора образцов для фенетических исследований показывает следующее. При подеревном анализе исходного материала в Чагринской популяции частота встречаемости форм практически одинакова. Показатель сходства двух условных популяций равен единице, а коэффициент идентичности ( $I = 0,75$ ) меньше табличного значения критерия Пирсона при 0,05 %-ом уровне вероятности. Следовательно, обе методики отбора образцов шишек (подеревного или сплошного) для анализа достаточно надежны.

В неурожайные годы или при невозможности определить принадлежность опавших шишек к конкретному дереву можно рекомендовать общий сбор всех шишек с пробной площади, позволяющий достаточно достоверно охарактеризовать фенетическую структуру популяции. Отметим, что сбор шишек должен осуществляться равномерно по всей площади и при условии плодоношения большей части насаждения.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатурова М.П. Исследование элементарных морфологических признаков ели обыкновенной // Научные основы селекции хвойных пород. М.: Наука, 1978. С. 87–98.
2. Дроздов И.И., Дроздов Ю.И. Лесная интродукция: учеб. пособие. 3-е изд. М.: МГУЛ, 2005. 136 с.
3. Животовский Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 37–38.
4. Прошников А.И., Лебков В.Ф., Чередникова Ю.С. Плодоношение кедровников Лено-Илимского междуречья // Тр. ИЛИД СО АН СССР. М., 1963. Т. 62. С. 35–75.
5. Луганский Н.А. К вопросу о внутривидовой изменчивости кедр сибирского на Среднем Урале // Тр. ин-та биологии УФ АН СССР. Вып. 23. Свердловск, 1961. С. 89–96.
6. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Генетика, селекция, семеноводство кедр сибирского. Красноярск: СибГТУ, 2000. 243 с.
7. Феклистов П.А., Бирюков С.Ю. Сезонный рост сосны скрученной в северной подзоне тайги // Лесн. журн. 2006. № 6. С. 24–29. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. Хамитова С.М., Хамитов Р.С. Влияние типа апофиза шишек сосны кедровой сибирской на формирование в них семян // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2010. № 3. С. 134–135.

Поступила 09.01.14

УДК 58.087:630\*165.1

**Genetic Analysis Features of Populations of Siberian Pine on Seed Scale Form**

*N.A. Babich<sup>1</sup>, Doctor of Agriculture, Professor*

*R.S. Khamitov<sup>2</sup>, Candidate of Agriculture, Associate Professor*

*S.M. Khamitova<sup>2</sup>, Candidate of Agriculture, Associate Professor*

*V.N. Vorob'ev<sup>2</sup>, Postgraduate Student*

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: les@agtu.ru

<sup>2</sup>Vologda State Dairy Farming Academy named after V.N. Vereshchagin, Shmidta, 2, vil. Molochnoe, Vologda, 160555, Russia; e-mail: r.s.khamitov@mail.ru

Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) is grown beyond its range owing to nut-bearing. Source of obtaining seeds in such regions can serve cedar forests, created previously and entered in season of fruiting. Genetic potential of such plants is determined by their degree of intraspecific diversity, according individual variability. Character of cones apophysis of Siberian stone pine is diagnostically important indicator, determining potential productivity of nut, and can be used during the breeding of species on commodity features of crop. However its application to the phenetics analysis is complicated by collecting cones from accounting or modeling trees and the lack of recommendations for the selection of samples from them. Investigations were carried out to determine the method of samples selection of cones for evaluation of intraspecific diversity. Fallen cones were collected without separation at discount trees (hindered in the field) in the area of introduction (Chagrinskaya Grove, Griazovets district in the Vologda region) and range of species (Poluyanovsky cedar forest, Vagai district in the Tyumen region). In Chagrinskaya grove were also selected samples of the trees separately and were compared with previous results. Polymorphism was judged by frequency of occurrence of different types of cones with apophysis. Comparative

analysis of both sampling methods revealed no statistically significant differences between the results of conducted studies. Thus, in the lean years, or when not possible to determine the identity of fallen cones to a particular tree can be recommended the total picking of all cones from the sampling area, allowing authentically to characterize the phenetics structure of the population. Using this method, also experimentally has been proven high level of genetic potential of the species in the introduction planting.

*Keywords:* Siberian cedar, polymorphism, phenetics analysis, genetic potential, introduction.

#### REFERENCES

1. Abaturova M.P. Issledovanie elementarnykh morfologicheskikh priznakov eli obyknovennoy [Study of the Elementary Morphological Characters of Common Spruce]. *Nauchnye osnovy selekcii hvoynyh porod.* [Scientific Basis of Conifer Genus Selection]. Moscow, 1978, pp. 87–98.
  2. Drozdov I.I., Drozdov Yu.I. *Lesnaya introduktsiya* [Forest Introduction]. Moscow, 2005. 136 p.
  3. Zhivotovskiy L.A. Pokazateli populyatsionnoy izmenchivosti po polimorfnykh priznakam [Indicators of Population Variability on Polymorphic Features]. *Fenetika populyatsiy* [Phenetics of Populations]. Moscow, 1982, pp. 37–38.
  4. Iroshnikov A.I., Lebkov V.F., Cherednikova Yu.S. *Plodonoshenie kedrovnikov Leno-Ilimskogo mezhdurech'ya* [Cedar Forest Fructifying of the Leno-Ilim Interfluvium]. Moscow, 1963. vol. 62, pp. 35–75.
  5. Luganskiy N.A. *K voprosu o vnutrividovoy izmenchivosti kedra sibirskogo na Srednem Urale* [On the Intraspecific Variation of the Siberian Cedar in the Middle Ural]. Sverdlovsk, 1961, vol. 23, pp. 89-96.
  6. Matveeva R.N., Butorova O.F. *Genetika, selektsiya, semenovodstvo kedra sibirskogo* [Genetics, Breeding, Seed of Siberian Cedar]. Krasnoyarsk, 2000. 243 p.
  7. Feklistov P.A., Biryukov S.Yu. Sezonnnyy rost sosny skruchennoy v severnoy podzone taygi [Seasonal Growth of Shore Pine in Northern Taiga Subzone]. *Lesnoy zhurnal*, 2006, no. 6, pp. 24-29.
  8. Khamitova S.M., Khamitov R.S. Vliyanie tipa apofiza shishek sosny kedrovoy sibirskoy na formirovaniye v nikh semyan [Impact of the Apophysis of Siberian Stone Pine Cones to Form in Them the Seeds]. *Lesnoy vestnik*, 2010, no. 3, pp. 134–135.
-

УДК 591.5

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ КОМПЛЕКСА НРК В РЕЗУЛЬТАТЕ  
РАЗЛОЖЕНИЯ ЭКСКРЕМЕНТОВ ЛОСЯ (*ALCES ALCES* (L. 1758))  
В РАЗЛИЧНЫХ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ПОЧВАХ**

© *Е.Н. Пилипко, канд. биол. наук, доц.*

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина,  
ул. Шмидта, 2, пос. Молочное, г. Вологда, 160555; e-mail: Karlovna@ukr.net

Органические вещества, поступающие в почву естественным путем с помощью представителей зоофауны, играют особую роль на вырубках, которые являются нарушенными экосистемами с прерванным круговоротом веществ. Наиболее ценными являются экскременты животных-фитофагов. В ходе проведенных исследований изучено изменение содержания комплекса азота, фосфора и калия в почвах различного гранулометрического состава в процессе разложения экскрементов лося как самого крупного фитофага. Применялись экскременты двух видов: условно свежие, собранные не позднее месяца после прохождения животного; условно перегоревшие, собранные не ранее чем через год после прохождения лося. Выявлено повышенное содержание компонентов комплекса, особенно калия, в свежих экскрементах по сравнению с перегоревшими. Нитраты и калий, которыми богаты экскременты, в процессе разложения выщелачиваются и попадают в почву. Динамика содержания нитратов и калия повышается в почвах независимо от гранулометрического состава и типа условий местопроизрастания. Минимальное содержание фосфатов, поступающих в почву в ходе разложения, указывает на тот факт, что фосфор при этом находится в органической форме, которая не усваивается растениями. Только по истечении некоторого времени органические формы фосфора переходят в усвояемые растениями – минеральные. В целях определения степени влияния на растения органического вещества экскрементов лося в период их разложения были поставлены эксперименты по проращиванию семян *Picea abies* (L.). Выявлен факт повышения всхожести семян ели в присутствии экскрементов по сравнению с контролем (вытяжки без экскрементов) независимо от их свежести, что указывает на обогащение водных вытяжек элементами комплекса азота, фосфора и калия, которые высвободились из экскрементов и необходимы для роста и развития растений.

*Ключевые слова:* *Alces alces* L., экскременты, комплекс НРК, нитраты, фосфаты, калий, проращивание семян, *Picea abies* (L.).

Известно, что естественный круговорот веществ и энергии в лесных биогеоценозах в основном осуществляется с помощью растительного опада. После рубок главный поставщик органического вещества – древостой, выбывает из биосистемы, что приводит к обнищанию, обеднению и некоторой деградации лесного биогеоценоза. Поступление органического вещества естественным путем (с помощью представителей зоофауны) на вырубках, которые являются нарушенными экосистемами, – один из актуальных и важных вопросов экологии. Экскременты, особенно млекопитающих-фитофагов, представляют собой непереваренные остатки растительной пищи, прошедшие первичную перера-

ботку в кишечнике животного и, следовательно, обогащенные микрофлорой, витаминами и веществами, необходимыми для роста и развития растений. Известна ценная аккумулятивная функция экскрементов животных-фитофагов в процессе разложения, которая заключается в накоплении в почвах в виде органических соединений углерода, азота, фосфора, калия и других элементов, необходимых для жизнедеятельности растений [1–10].

Целью исследования являлось выявление изменения содержания элементов агрохимического комплекса NPK (азот, фосфор, калий) в почвах различного гранулометрического состава под влиянием разлагающихся экскрементов лося.

Для решения этой задачи использовали методы планирования экспериментов, экологические физико-химические методы исследований экскрементов и почвы. Полученные данные были подвергнуты статистическому анализу.

Экспериментальные площадки 25 × 25 см закладывали в четырех разных коренных типах леса лесной зоны в количестве 6 шт. (по 3 на каждый временной эксперимент) по диагонали на каждой пробной площади.

1) *Свежая липово-ясеневая дубрава*. Почвы – пойменно-лугово-лесные, среднегумусные, средневещелоченные, суглинистые, свежие. Тип лесорастительных условий – суглинок свежий (С<sub>2</sub>). Живой напочвенный покров – травостой, развитый слабо, несет отпечаток синузального сложения. Господствуют: звездчатка ланцетовидная, будра плющевидная, купырь лесной, купена многоцветковая, крапива двудомная и др.

2) *Свежая суборь*. Почва – дерново-боровая супесчаная, свежая. Тип лесорастительных условий – супесь свежая (В<sub>2</sub>). Живой напочвенный покров: купена аптечная, ландыш майский, вейник наземный и др.

3) *Ельник кисличный*. Почвы – дерново-слабо- и среднеподзолистые, свежие; подстилка 2...5 см. Живой напочвенный покров: кислица, ясенник, копытень, сныть, звездчатка, зеленчук, щитовник, костяника, черника; моховой покров не развит.

4) *Ельник травяно-болотный*. Почвы – перегнойно-подзолисто-глеевые. Живой напочвенный покров: таволга, хвощ, бодяк, гравилат речной, дудник, крупные осоки, иногда вейник Лангсдофа; на торфяниках преобладают осоки, сфагновые мхи.

Свежая липово-ясеневая дубрава и свежая суборь расположены в Степном Приднепровье (Украина). Описание рассматриваемых объектов представлено согласно эдафической сетке П.С. Погребняка. Ельники кисличный и травяно-болотный расположены в Вологодской области (Россия). Краткое описание пробных площадей дано по Сукачеву.

Свежие, только собранные экскременты, сушили, перетерали и в количестве 200 г (по сухому веществу) рассыпали ровным слоем на почву.

Пробы почвы для анализа в лабораторных условиях использовали по истечении 1 (условно свежие) и 12 мес. (перегоревшие) после их раскладывания на поверхность почвы. В качестве контроля отбирали образцы почвы до внесения экскрементов.

Для получения показателей элементов комплекса NPK «старых» (перегоревших) экскрементов последние собирали, сушили, перетирали до однородного состояния и постоянно увлажняли дистиллированной водой для перепревания (перегорания), через 12 мес. их анализировали. Эксперимент по разложению экскрементов на поверхности почвы в условиях Вологодской области заложен в начале лета (июнь 2011 г.). Отбор почвенных проб и их анализ проводили в июле 2011 и июне 2012 гг. Эксперименты на почвах Степного Приднепровья осуществляли в 2003–2006 гг.

При проведении лабораторных анализов\* использовали классические стандартные методы для получения протокола испытаний по определению агрохимического комплекса NPK.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что в ельнике травяно-болотном на перегнойно-подзолисто-глеевых мокрых почвах разложение экскрементов происходит гораздо быстрее. Это осложняет анализ изменений элементов комплекса NPK. Наиболее богаты элементами комплекса NPK свежие экскременты. Перегоревшие растительные остатки значительно уступают свежим, особенно, в содержании почвенного калия и азота (табл. 1).

Таблица 1

## Содержание комплекса NPK (мг/100 г почвы) в экскрементах лося

Экскременты	$\text{NO}_3^-$	$\text{P}_2\text{O}_5^-$	$\text{K}_2\text{O}^-$
Свежие	$17,4 \pm 0,11$	$5,54 \pm 0,14$	$1054 \pm 0,17$
Перегоревшие	$13,7 \pm 0,16$	$5,21 \pm 0,11$	$105 \pm 0,2$

В ходе исследований выявлена одинаковая тенденция в динамике содержания компонентов комплекса NPK в процессе разложения экскрементов независимо от гранулометрического состава почвы (табл. 2). Наблюдается снижение содержания азота, фосфатов и калия с течением времени (через 12 мес. от начала разложения по сравнению с периодом в 1 мес.) и вниз по профилю (в горизонте 10...20 см по сравнению с верхним горизонтом (0...10 см)).

Обеспеченность растений азотом зависит от скорости разложения минерализующихся органических веществ. Растения потребляют азот в больших количествах. По содержанию в растениях азот занимает первое место из элементов питания, получаемых из почвы. Поэтому высокая потребность растений в азоте требует пополнения его запасов в почве [6].

В проведенных экспериментах минимальное поступление азота в ходе разложения экскрементов зафиксировано в ельнике травяно-болотном на перегнойно-подзолисто-глеевых почвах. Причем его содержание в почвах разных типов ельников практически одинаково. Но все же в более богатых азотом почвах (пойменно-лугово-лесной и дерново-боровой супесчаной) накопление в первый месяц происходит интенсивно, особенно эффективно азот поступает и удерживается в первый месяц в супесчаных почвах (в 6 раз относительно контроля).

\* В аккредитованной испытательной лаборатории Федерального государственного центра агрохимической службы «Вологодский».

Таблица 2

## Содержание азота, фосфора и калия (мг/100 г почвы) в почвах

Составляющие комплекса NPK	Слой почвы, см	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
		1 мес.		12 мес.	
<i>Пойменно-лугово-лесные почвы (свежая липово-ясеневая дубрава)</i>					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0...10	3,50 ± 0,18	14,30±0,19	3,10 ± 0,13	5,90 ± 0,20
	10...20	3,40 ± 0,19	11,70±0,12	3,10 ± 0,20	3,20 ± 0,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup>	0...10	2,0 ± 0,17	1,8 ± 0,15	1,6 ± 0,16	1,2 ± 0,16
	10...20	1,6 ± 0,19	1,2 ± 0,18	1,1 ± 0,14	0,7 ± 0,14
K <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0...10	53,0 ± 0,19	132 ± 0,10	57,0 ± 0,19	58,0 ± 0,18
	10...20	40,0 ± 0,23	51,0 ± 0,20	32,0 ± 0,2	32,0 ± 0,11
<i>Дерново-боровые супесчаные почвы (свежая сукорь)</i>					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0...10	3,40 ± 0,18	20,80 ± 0,11	3,10 ± 0,16	8,20 ± 0,15
	10...20	3,00 ± 0,19	19,70 ± 0,20	3,00 ± 0,12	7,10 ± 0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup>	0...10	2,6 ± 0,21	2,5 ± 0,12	2,5 ± 0,11	2,5 ± 0,16
	10...20	2,4 ± 0,17	2,2 ± 0,18	2,3 ± 0,15	2,1 ± 0,18
K <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0...10	82,0 ± 0,17	245,0 ± 0,16	84,0 ± 0,18	128,0 ± 0,18
	10...20	47,0 ± 0,16	134,0 ± 0,20	76,0 ± 0,14	83,0 ± 0,17
<i>Дерново-слабо- и среднеподзолистые почвы (ельник кисличный)</i>					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0...10	0,34 ± 0,19	4,84±0,12	0,36 ± 0,19	0,54 ± 0,21
	10...20	0,51 ± 0,20	2,17±0,19	0,44 ± 0,20	0,51 ± 0,17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup>	0...10	14,0 ± 0,17	18,0 ± 0,10	15,0 ± 0,19	20,0 ± 0,11
	10...20	10,0 ± 0,19	10,0 ± 0,11	12,0 ± 0,19	15,0 ± 0,14
K <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0...10	59,0 ± 0,19	79,0 ± 0,18	54,0 ± 0,19	67,0 ± 0,18
	10...20	23,0 ± 0,20	23,0 ± 0,23	22,0 ± 0,23	21,0 ± 0,15
<i>Перегнойно-подзолисто-глеевые почвы (ельник травяно-болотный)</i>					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0...10	0,30 ± 0,16	0,41 ± 0,10	0,32 ± 0,19	0,33 ± 0,11
	10...20	0,30 ± 0,23	0,37 ± 0,20	0,31 ± 0,18	0,30 ± 0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup>	0...10	46,0 ± 0,21	49,0 ± 0,19	44,0 ± 0,21	45,0 ± 0,12
	10...20	54,0 ± 0,13	46,0 ± 0,19	47,0 ± 0,19	49,0 ± 0,16
K <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0...10	101,0 ± 0,20	122,0 ± 0,16	105,0 ± 0,11	103,0 ± 0,14
	10...20	97,0 ± 0,18	112,0 ± 0,20	101,0 ± 0,12	97,0 ± 0,21

На содержание фосфора и его форм, а также их распределение в почвенном профиле значительно влияет почвообразовательный процесс. Главным показателем, который указывает на наличие и распределение органических фосфатов в почвах, является гумус – стойкий показатель, характерный для каждого типа почв. Причем в почвах значительная часть фосфатов (от 30 до 85 %) представлена в виде органических соединений, не доступных для растений. Органические фосфаты входят в состав гумуса, продуктов синтеза растений и микроорганизмов. Количество этих соединений зависит от типа почв [8].

Содержание органического фосфора находится в прямой зависимости от количества гумуса в почвах. Движущей силой при круговороте фосфора

в травянистых экосистемах и агроценозах выступает микробиомасса. Она служит и огромным фондом органических соединений фосфора и инструментом разложения органического вещества, при котором высвобождаются минеральные формы фосфора, поглощаемые растениями [7].

Обогащение рассмотренных нами почв фосфатами происходило медленно. Содержание этих элементов практически не менялось. Ниболее высоким содержанием фосфатов в результате разложения экскрементов (из всех рассмотренных почв) отличаются дерново-среднеподзолистые почвы ельника кисличного, что отмечалось на протяжении всего эксперимента: на 1,3 % через 1 и 12 мес. в слое почвы 0...10 см.

Выщелачивание калия из почвы во многом определяется его концентрацией и наличием в почве промывного типа водного режима. В сильно удобряемых легких почвах, подвергающихся интенсивному увлажнению, константа выщелачивания имеет более высокие значения по сравнению с глинистыми почвами в условиях недостаточного увлажнения. Способность почвы к удержанию калия возрастает с увеличением содержания органического вещества.

Содержание калия повышается значительно во всех типах почвы в верхнем горизонте уже через 1 мес. от начала разложения экскрементов. Наиболее значительное повышение наблюдается в пойменно-лугово-лесной (в 2,5 раза) и дерново-боровой супесчаной (в 3 раза) почвах в слое почвы 0...10 см. В дерново-боровой супесчаной почве эта тенденция сохраняется и через 12 мес.

Для оценки влияния разлагающегося органического вещества (экскрементов) на всхожесть семян нами был поставлен ряд экспериментов по проращиванию семян *Picea abies* (L.). В контрольном опыте ель проращивали на водной вытяжке почвы, остальные эксперименты были выполнены с использованием водной вытяжки почвы и экскрементов.

Вытяжку для контроля разводили в пропорции 1 : 5, т. е. 1 часть почвы на 5 частей воды (10 г почвы на 50 г дистиллированной воды). Почвенно-экскрементную смесь для добавления в водную вытяжку готовили из расчета 5 г почвы + 5 г экскрементов на 50 г воды.

Проклевывание семян в контроле и во всех вариантах эксперимента происходило примерно в одно и то же время (на 5–7-е сут.), различие было только в проценте всхожести семян.

На основании полученных данных установлено, что максимальный процент всхожести семян зафиксирован на вытяжке с экскрементами по сравнению с семенами, проращиваемыми на дистиллированной воде. Особенно высок этот показатель на вытяжках торфянисто-перегнойных среднесуглинистых почв. Это можно объяснить наличием большого содержания органического вещества в данных почвах, которые достаточно богаты гумусом.

В целом, на торфянисто-перегнойных среднесуглинистых почвах (ельник травяно-болотный) возраст экскрементов не оказывает ощутимого влияния на повышение всхожести семян. В присутствии как свежих, так и старых

эксcrementов всхожесть повышается на 4 %. На дерново-среднеподзолистых легкосуглинистых почвах (ельник кисличный) всхожесть семян ели выше на 10 % в варианте со свежими эксcrementами и на 15 % в смеси со старыми по отношению к контролю.

#### *Выводы*

В результате проведенных исследований было установлено, что эксcrementы лося являются одной из важнейших составляющих формирования химического режима поступления питательных веществ в почву. Полученные результаты подтверждают способность органического вещества в виде эксcrementов животных-фитофагов обогащать лесные почвы компонентами агрохимического комплекса NPK, которые являются необходимыми элементами минерального питания растений. В различных условиях местообитания интенсивное обогащение почвы нитратами и калием происходит уже через месяц после начала разложения эксcrementов. По мере их разложения поступление в почву химических элементов снижается. Минимальное содержание фосфатов, вносимых в почву в ходе разложения, указывает на тот факт, что фосфор при разложении поступает в органической форме, которая не усваивается растениями, и только с течением времени органические формы фосфора переходят в минеральные. Присутствие эксcrementов, независимо от их свежести, способствует повышению эффективности прорастания семян.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абатуров Б.Д.* Почвообразующая роль животных в биосфере // Биосфера и почвы. М.: Наука, 1976. С. 53–69.
2. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 387 с.
3. *Александрова Л.Н., Новицкий М.В.* О процессах трансформации и гумификации органических остатков в почве // Проблемы почвоведения (Советские почвоведы к XII Междунар. конгрессу в Индии, 1982 г.). М., 1982. С. 33–37.
4. *Булахов В.Л., Леонова Л.А.* Воздействие копытных на накопление азота, фосфора и калия в почвах аренных лесов степного Приднепровья // Проблемы почвенной зоологии. Новосибирск, 1991. С. 188.
5. *Гришина А.А., Копцик Г.Н., Макаров М.И.* Трансформация органического вещества почв. М.: МГУ, 1990. С. 88.
6. *Евдокимова Т.И., Дронова Н.Я.* Динамика азота в лесных почвах ЗБС // Вестн. МГУ. Почвоведение. 1989. № 4. С. 14–20.
7. *Слухай С.И.* О связи между содержанием подвижных соединений азота, фосфора и калия в почве и внесением удобрений под сеянцы разных древесных пород // Тез. докладов совещания по лесному почвоведению при Ин-те леса АН УССР. К.: АН УССР, 1956. С. 30–31.
8. *Титлянова А.А.* Круговорот фосфора в травяных экосистемах и агроценозах // Вестн. МГУ. Почвоведение. 1992. № 4. С. 31–41.
9. *Ходашова К.С., Елисеева В.И.* Участие позвоночных животных-потребителей веточных кормов в круговороте веществ в лесостепных дубравах // Материалы совеща-



ния по структуре и функциональной роли животного населения суши. М.: Наука, 1967. С. 81–84.

10. Flaig W. Chemical composition and physical properties of humic substances // Studies about gumus: Transact. of the Intern. symp. "Humus et planta, IV", Prague, 1967. P. 81–112.

Поступила 29.10.13

УДК 591.5

**The Dynamics of NPK-Complex Content as a Result of Elk (*Alces Alces* (L. 1758))  
Faeces Decomposition in the Soils of Different Granulometric Composition**

*E.N. Pilipko, Candidate of Biology, Associate Professor*

Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Shmidta, 2, Vologda-Molochnoe, 160555, Russia; e-mail: Karlovna@ukr.net

The organic matter coming into the soil naturally with the help of fauna members plays an important part in cutover patches, which are disturbed ecosystems with an interrupted cycle of matter. The most valuable organic matter is the faeces of phytophag animals. In the course of the conducted research the dynamics of NPK-complex (nitrogen, phosphorus and potassium) content in the soils of different granulometric composition in the process of elk faeces decomposition has been studied. It was the object of the research. During the research the faeces of two types have been used – conditionally fresh, picked not later than 1 month after the animal's passing and conditionally burned-out, picked not earlier than 12 months after the elk's passing. The increased NPK-complex content, especially potassium content, in the fresh faeces compared to burned-out faeces has been revealed. Nitrates and potassium, which occur in faeces in great amounts, in the process of decomposition are leached out and get into the soil. The dynamics of nitrates and potassium content increases in the soils regardless of granulometric composition and the type of growing conditions. The minimum content of phosphates brought into the soil during decomposition, indicates that phosphorus in the course of decomposition in the organic form, which is not assimilated by the plants. Only after some time the organic forms of phosphorus turn into the mineral forms assimilated by the plants. To assess how much the organic matter in the form of elk faeces in the period of their decomposition influences on the plants, the experiments on the spruce (*Picea abies* (L.)) seeds germination have been carried out. The fact of increasing the spruce seeds germinating capacity in the presence of faeces compared to the control sample (the extract without faeces) has been revealed, irrespective of their freshness, which indicates the enrichment of water extracts with NPK-complex elements necessary for plant growth and development, which are released from the faeces.

*Keywords:* *Alces alces* L., faeces, NPK-complex, nitrates, phosphates, potassium, seeds germination, *Picea abies* (L.).

REFERENCES

1. Abaturov B. D. Pochvoobrazuyushchaya rol' zhivotnykh v biosfere [Soil-Forming Role of Animals in the Biosphere]. *Biosfera i pochvy* [Biosphere and Soils]. Moscow, 1976, pp. 53-69.

2. Aleksandrova L. N. *Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii* [Soil Organic Matter and the Processes of Its Transformation]. Leningrad, 1980. 387 p.
  3. Aleksandrova L.N., Novitskiy M.V. O protsessakh transformatsii i gumifikatsii organicheskikh ostatkov v pochve [On the Processes of Transformation and Humification of Organic Residues in Soil]. *Probl. Pochvovedeniya. Sovetskie pochvovedy k KhII Mezhdunar. Kongressu v Indii* [Problems of Soil Science: Proc. the XII Int. Congress in India]. Moscow, 1982, pp. 33-37.
  4. Bulakhov V.L., Leonova L.A. Vozdeystvie kopytnykh na nakoplenie azota, fosfora i kaliya v pochvakh arennykh lesov stepnogo Pridneprov'ya [Effect of Ungulates on the Accumulation of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in the Soil Arena Forest Steppe Dnieper]. *Probl. pochvennoy zoologii* [Problems of Soil Zoology]. Novosibirsk, 1991. P. 188.
  5. Grishina, A.A., Koptsik, G.N., Makarov, M.I. *Transformatsiya organicheskogo veshchestva pochv* [Transformation of Soil Organic Matter]. Moscow, 1990. P. 88.
  6. Evdokimova T.I., Dronova N.Y. Dinamika azota v lesnykh pochvakh ZBS [Dynamics of Nitrogen in Forest Soils of the SBZ]. *Vestnik MGU. Pochvovedenie*, Moscow, 1989, no. 4, pp. 14–20.
  7. Slukhay S.I. O svyazi mezhdru sodержaniem podvizhnykh soedineniy azota, fosfora i kaliya v pochve i vneseniy udobreniy pod seyantsy raznykh drevesnykh porod [On the Relationship Between the Contents of the Mobile Compounds of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in the Soil and Fertilizer under the Seedlings Woodgrain]. *Tez. Dokl. Soveshch. po lesnomu pochvovedeniyu pri In-te lesa AN USSR* [Proc. Conf. on Forest Soil Science at the Institute of Forest Sciences of the Ukrainian SSR]. Kiev, 1956, pp. 30–31.
  8. Titlyanova A.A. Krugovorot fosfora v travyanykh ekosistemakh i agrotsenozakh [Phosphorus Circulation in the Grass Ecosystems and Agrocenoses]. *Pochvovedenie*, Moscow, 1992, no. 4, pp. 31–41.
  9. Khodashova K.S., Eliseeva V.I. Uchastie pozvonochnykh zhivotnykh – potrebitel'ey vetchnykh kormov v krugovorote veshchestv v lesostepnykh dubravakh [Participation Vertebrate Animals that Consume in Food the Branches of Trees in the Forest-Steppe Oak Forests]. *Materialy soveshch. po strukture i funktsional'noy roli zhivotnogo naseleniya su-shi* [Proc. Conf. on the Structure and Functional Role of the Animal Population of the Land]. Moscow, 1967, pp. 81–84.
  10. Flaig W. Chemical composition and physical properties of humic substances. *Studies about gumus. Transact. of the Intern. symp. "Humus et planta, IV"*, Prague, 1967, pp. 81–112.
-

УДК 630\*232.427

## **ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ СЕЯНЦЕВ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ**

© *Д.Г. Хинчук, ст. преп.*

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

Исследования проводили в целях изучения эффективности импульсного магнитного излучения для предпосевной обработки семян ели обыкновенной, получения регрессионных уравнений для определения оптимального фактора воздействия на семена и достижения оптимального результата. Были использованы методы вариационной статистики с применением регрессионного анализа, оптимизации и обобщения данных и системного анализа. Опыты были поставлены с учетом данных о воздействии на семена магнитным излучением. Семена ели обыкновенной высевали в открытый грунт без замачивания, но облучая магнитным потоком, величина которого изменялась пошагово. На основании экспериментальных данных было выдвинуто предположение о существовании зависимости между параметрами всходов и магнитной индукцией импульсного магнитного поля. Применение полиномов Чебышева в ходе регрессионного анализа позволило получить уравнения регрессий для нескольких параметров всходов ели в зависимости от напряженности импульсного магнитного поля. Обобщающая зависимость для всех параметров при решении задачи оптимизации была решена нелинейным методом обобщенного понижающего коэффициента для гладких нелинейных задач в среде MS Excel. Таким образом, между параметрами всходов и напряженностью импульсного магнитного поля при обработке семян ели обыкновенной существует зависимость, которую можно описать уравнениями регрессии первой и второй степени. Для данного эксперимента оптимальное значение индукции импульсного магнитного поля составило 24 мТл. Для более точного определения данного параметра с учетом стандартов качества древесины необходимы дальнейшие исследования.

*Ключевые слова:* импульсное магнитное поле, полиномы Чебышева, параметры сеянцев, напряженность магнитного поля, регрессионный анализ.

Воздействие на семена растений различных стимуляторов роста, в том числе химической [8, 9, 12] и физической природы, активно используется как в сельском, так и в лесном хозяйстве для увеличения различных параметров растений и достижения оптимальной продуктивности.

Для этих целей активно используют магнитное излучение, которое дало положительный эффект на сеянцах и саженцах следующих растений: роза, картофель, сахарная свекла, лук, зерновые и т. д. [4–6, 10]. Некоторые исследователи [2, 3] проводили эксперименты и анализировали влияние импульсного магнитного поля на параметры сеянцев древесных пород. Эти опыты показали улучшение всхожести семян только при их обработке импульсным магнитным полем напряженностью  $H = 8$  мТл [2], получен максимальный положительный эффект при воздействии на семена магнитным полем с индукцией

от 2 до 21 мТл [4]. Учитывая [7], можно предположить, что положительное влияние данного фактора проявляется только в случае, если он соизмерим с внутренним магнитным полем объекта.

Цели исследования – изучение эффективности магнитного импульсного излучения для предпосевной обработки семян ели обыкновенной, получение регрессионных уравнений для определения оптимального фактора воздействия на семена и достижения оптимального результата.

Были использованы методы вариационной статистики с применением регрессионного анализа, оптимизации, обобщения данных и системного анализа.

Эксперимент проводили на территории Архангельского лесничества, на суглинистых почвах. Семена ели обыкновенной были высеяны в открытый грунт без замачивания лесной сеялкой оригинальной конструкции [11] с учетом агротехнических требований. Высев был произведен строчно-луночным способом. Длина строк – 9,5 м, шаг посева – 62 см, глубина заделки – 1 см, расстояние между строчками – 150 см. Такое размещение посевных строчек должно обеспечивать нормальное развитие сеянцев. Посев осуществляли в середине июня согласно научным изысканиям Ф.Б. Орлова для Архангельской области [8].

Было поставлено три опыта с применением магнитного поля: № 1 –  $H = 8$  мТл; № 2 – 16 мТл; № 3 – 24 мТл. Частоту магнитного поля не учитывали, так как в эксперименте использовали постоянные магниты. Точность измерения индукции магнитного поля обеспечивалась магнитометром. Так же был проведен контрольный высев (без применения магнитного поля – магниты на сеялку не устанавливали). Индукцию магнитного поля изменяли пошагово, шаг изменения – 8 мТл.

Количество обмеров рассчитано согласно математической статистике, исходя из достоверности и предварительного эксперимента, и составило 10 в каждом варианте. Точность измерений показателей всходов обеспечивалась штангенциркулем (ГОСТ 166). Предел допустимой погрешности 0,05 мм.

Эксперимент показал, что почти по всем показателям опыт № 1 опережает опыты № 2, 3. При этом наибольшее отклонение от контрольной группы отмечено для параметров «высота стволика» и «диаметр стволика». В данном опыте наблюдается увеличение показателей сеянцев, при этом среднее отклонение от контроля составило 123 % (см. таблицу).

В опыте № 3 отмечен максимальный прирост длины главного корня (до 72 %). Однако в данном опыте имеется и отрицательная тенденция в случае диаметра главного корня: снижение составило 21 %.

В этом же опыте отмечена максимальная всхожесть семян – 12,5 %, что на 30 % превосходит контроль. Невысокие показатели всхожести в общем связаны с неблагоприятными условиями, так как высев производили непосредственно в грунт без предварительной обработки почвы.

Результаты высева семян ели в грунт (показатели измерены в возрасте 1 год)

Опыт (магнитная индукция)	Всхо- жесть, %	Длина, мм		Диаметр, мм		Высота стволика, мм	Среднее отклонение от кон- троля, %
		хвои	корня	корня	ство- лика		
Контроль	9,4	18,7	38,7	0,6	13,0	0,7	–
№ 1 (8 мТл)	9,5	24,0	52,3	0,8	72	1,2	–
Отклонение от контроля, %	0,1	28,6	35,3	47,1	453,9	63,6	123,3
№ 2 (16 мТл)	6,9	23,0	60,4	0,6	68,5	1,2	–
Отклонение от контроля, %	–2,5	23,2	56,2	5,9	426,9	60,9	113,2
№ 3 (22 мТл)	12,5	22,5	66,5	0,5	65,5	0,9	–
Отклонение от контроля, %	3,1	20,5	72,0	–20,6	403,9	22,7	100,8

Примечание. Диаметр стволика измерен у корневой шейки; значения показателей приведены в среднем по группе (опыту).

На основании полученных данных было выдвинуто предположение о существовании зависимости между параметрами всходов и индукцией импульсного магнитного поля.

Чтобы получить уравнения регрессии для описанных выше параметров, использовали полиномы Чебышева. Данный метод позволяет определить уравнение зависимости в случае пошагового изменения аргумента [1]:

$$y = b_0 P_0(x) + b_1 P_1(x) + \dots + b_k P_k(x),$$

где  $b_0, b_1, \dots, b_k$  – коэффициенты уравнения регрессии соответствующей степени;  
 $P_0, P_1, \dots, P_k$  – многочлены Чебышева соответствующей степени;  
 $k$  – степень уравнения регрессии.

В ходе регрессионного анализа были получены следующие уравнения регрессии для анализируемых параметров всходов ели:

всхожесть:

$$y_0 = 2,8 + 0,02H \quad (R = 0,3; \varepsilon = 0,9);$$

длина хвои:

$$y_1 = 20,95 + 0,13H \quad (R = 0,6; \varepsilon = 0,66);$$

длина главного корня:

$$y_2 = 45,32 + 1,15H \quad (R = 1; \varepsilon = 0,03);$$

диаметр главного корня:

$$y_3 = 0,66 - 0,01H \quad (R = 0,5; \varepsilon = 0,78);$$

диаметр стволика:

$$y_4 = 0,003H^2 + 0,076H + 0,76 \quad (R = 1; \varepsilon = 0,02);$$

высота стволика:

$$y_5 = 39,35 + 1,92H \quad (R = 0,7; \varepsilon = 0,5),$$

где  $R$  – множественный коэффициент корреляции;

$\varepsilon$  – корреляционное отношение.

Все уравнения проверены по критерию Фишера, на основании которого определен порядок уравнения регрессии.

Обобщив уравнения регрессии, провели их анализ, на основании которого получили подтверждение предположения о существовании зависимости между параметрами всходов и индукцией импульсного магнитного поля. Также была определена обобщающая зависимость по всем параметрам:

$$Y = 0,003H^2 + 3,48H + 129,27.$$

На основании этого уравнения были поставлены задачи оптимизации:

$$Y(H) \rightarrow \max;$$

$$Y(H) = y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5;$$

$$H_{\min} \leq H \leq H_{\max},$$

где  $y_0, y_1, \dots, y_5$  – уравнения регрессии параметров сеянцев;

$H_{\min}, H_{\max}$  – границы диапазона варьирования фактора  $H$  согласно эксперименту.

Приведенная задача была решена в среде MS Excel нелинейным методом обобщенного понижающего коэффициента для гладких нелинейных задач.

В результате получено оптимальное значение индукции импульсного магнитного поля для данного эксперимента:  $H = 24$  мТл, так как  $Y \rightarrow \max$  при  $H \rightarrow \max$ . Однако в этом случае нельзя забывать о возможной мутации генов [2].

#### Выводы

1. Между параметрами всходов и индукцией импульсного магнитного поля при обработке семян ели обыкновенной существует зависимость, которую можно описать уравнениями регрессии первой и второй степени.
2. Получено оптимальное значение индукции импульсного магнитного поля:  $H = 24$  мТл.
3. Необходимо проведение дальнейших опытов для более точного определения параметра  $H$  с учетом стандартов качества древесины при росте обработанных растений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1985. 327 с.
2. Буторина А.К., Мурая Л.С., Левин М.Н., Сиволапов А.И., Иванов Р.В. Воздействие импульсных магнитных полей на семена сосны обыкновенной // Лесн. хозво. 2001. № 6. С. 27–28.
3. Дроздов В. Экспериментальная работа по выявлению влияния импульсного магнитного поля на семена лука // Сайт семьи Дроздовых (дата обновления: 01.10.2009). URL: <http://drozdovs-ru.1gb.ru/index.php?q=node/23> (дата обращения: 20.04.2012).

4. Касьянов Г.И. Перспективы использования ЭМП НЧ в экстракционных технологиях // Личный сайт Касьянова Г.И. – рук. науч.-пед. школы по обработке сырья сжиженными и сжатыми газами. URL: <http://krkgi.ru/glav/co2tech/extraction.htm> (дата обращения: 30.04.2012).

5. Колин А.Р., Сергеев В.В., Горбачевич Н.А. Воздействие градиентным магнитным полем на посадочный материал и вегетирующие картофельные растения // Русские высокие технологии. Биотехнологии (дата обновления 15.03.2008). URL: <http://skutis.ucoz.ru/publ/26-1-0-13> (дата обращения: 26.04.2012).

6. Лихолат Т.В., Яшкичев В.И., Крылов П.П. Влияние низкочастотного магнитного поля на прорастание семян с пониженной всхожестью // Биофизика России: справ. [1999-2012]. URL: <http://www.library.biophys.msu.ru/gettext?Serial=76696> (дата обращения: 26.04.2012).

7. Мизун Ю.Г., Мизун П.Г. Влияние магнитного поля на растительный и животный мир // Вести науки (дата обновления 30.11.2009). URL: <http://www.vestinauki.ru/content> (дата обращения: 26.04.2012).

8. Орлов Ф.Б., Малаховец П.М. Сроки посева семян сосны и ели в Архангельской области. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1965. 25 с.

9. Хазинов И.Б., Лубягина В.М., Сыроижко А.Н., Базулина Л.В., Пентелькин С.К., Пентелькина Н.В. О применении стимуляторов роста // Лесн. хоз-во. 1997. № 6. С. 30–31.

10. Халаджян А.С. Повышение укореняемости роз с помощью магнитного поля // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ [2003–2012]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2005/04/10/> (дата обращения: 26.04.2012).

11. Хинчук К.Е., Хинчук Д.Г. Решение пространственной компоновки прицепного модуля лесной сеялки при использовании средств малой механизации // Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения: материалы науч. конф. проф.-преп. состава, науч. сотр. и асп. САФУ имени М.В. Ломоносова, посвященной Дню российской науки (Архангельск, 6–9 февр. 2012 г.). Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. С. 127–128.

12. Чилимов А.И., Пентелькин С.К. Проблемы использования стимуляторов роста в лесном хозяйстве // Лесн. хоз-во. 1995. № 6. С. 11–12.

Поступила 30.04.13

УДК 630\*232.427

### **Influence of Magnetic Radiation on Parameters of Common Spruce Seedlings**

*D.G. Khinchuk, Senior Lecturer*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: [d.khinchuk@narfu.ru](mailto:d.khinchuk@narfu.ru)

The aim of the article is to study the effectiveness of pulsed magnetic radiation for pretreatment of common spruce seeds, to obtain the regression equations to determine the optimal influencing factor on seeds, and optimum productivity. The following methods of operation have been used: a method of variation statistics using regression analysis, optimization method and the method of synthesis of data and system analysis. Experiments were carried out after summarizing the data on the impact on seeds by magnetic flux. Common spruce seeds were planted in open ground without steeping, with irradiation by magnetic flux of various dimension, which were changed in equally steps. It has been suggested about the existence

of relationships between the parameters of shoots and the magnetic induction of the pulsed magnetic field, based on the experimental data. To determine regression equations depending the parameters of seedlings from the magnetic induction have been used regression analysis such as Chebyshev polynomials. Then regression equations were derived for some parameters spruce sproutings. Subsequent analysis of the equations has showed the support of hypothesis, that is the existence of the relationship between the parameters of sproutings and intensity of pulsed magnetic field. Generalizing dependence was determined on all represented parameters. Then was tasked to optimize generalizing depending on a factor of the magnetic field intensity, which is solved by MicroSoft Excel. This task has been solved by nonlinear method of lower generalized coefficient for smooth nonlinear problems. Conclusions: There is a relationship between the parameters of sproutings and factor of intensity of pulsed magnetic field for treatment of common spruce seeds that can be described by regression equations of first and second degree. The best setting of the magnetic induction is  $H = 24$  mTl (for this experiment). Further experiments are necessary to conduct for more exact definition of this parameter considering the quality standards of the wood.

*Keywords:* pulsed magnetic field, Chebyshev polynomials, parameters of seedlings, intensity of a magnetic field, regression analysis.

#### REFERENCES

1. Akhnazarova S.L., Kafarov V.V. *Metody optimizatsii eksperimenta v khimicheskoy tekhnologii* [Optimization Methods of Experiment in Chemical Engineering]. Moscow, 1985. 327 p.
2. Butorina A.K., Muraya L.S., Levin M.N., Sivolapov A.I., Ivanov R.V. Vozdeystvie impul'snykh magnitnykh poley na semena sosny obyknovennoy [Impact of Pulsed Magnetic Fields on the Seeds of Scotch Pine]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2001, no. 6, pp. 27–28.
3. Drozdov V. *Eksperimental'naya rabota po vyyavleniyu vliyaniya impul'snogo magnitnogo polya na semena luka* [Experimental Work for Identify the Influence of Pulsed Magnetic Field on Onion Seeds]. Available at: <http://drozdovs.ru.lgb.ru/index.php?q=node/23> (accessed 20 April 2012).
4. Kas'yanov G.I. *Perspektivy ispol'zovaniya EMP NCh v ekstraktsionnykh tekhnologiyakh* [Prospects for the Use of Electromagnetic Field of Low Frequencies in Extraction Technologies]. Available at: <http://krkgi.ru/glav/co2tech/extraction.htm> (accessed 30 April 2012).
5. Kolin A.R., Sergeev V.V., Gorbatshevich N.A. Vozdeystvie gradientnym magnitnym polem na posadochnyy material i vegetiruyushchie kartofel'nye rasteniya [Impact of Gradient Magnetic Field on Planting and Vegetating Potato Plants]. *Russkie vysokie tekhnologii. Biotekhnologii* [Russian High Technology. Biotechnology] Available at: <http://skutis.ucoz.ru/publ/26-1-0-13> (accessed 26 April 2012)/
6. Lykholat T.V., Yashkichev V.I., Krylov P.P. *Vliyanie nizkochastotnogo magnitnogo polya na prorastanie semyan s ponizhennoy vskhozhest'yu* [Effect of Low-Frequency Magnetic Field on the Germination of Seeds with Low Viability]. Available at: <http://www.library.biophys.msu.ru/gettext?Serial=76696> (accessed 26 April 2012).
7. Mizun Yu.G., Mizun P.G. *Vliyanie magnitnogo polya na rastitel'nyy i zhivotnyy mir* [Influence of Magnetic Field on the Flora and Fauna] Available at: <http://www.vestishki.ru> (accessed 26 April 2012).



8. Orlov F.B., Malakhovets P.M. *Sroki poseva semyan sosny i eli v arkhangel'skoy oblasti* [Seeds Sowing Terms of Pine and Spruce in the Arkhangelsk Region]. Arkhangelsk, 1965. 25 p.

9. Khazinov I.B., Lubyagina V.M., Syroizhko A.N., Bazulina L.V., Pentel'kin S.K., Pentel'kina N.V. O primeneniі stimulyatorov rosta [About the Application of Growth Factors]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1997, no. 6, pp. 31–33.

10. Khaladzhyan A.S. Povyshenie ukorenyaemosti roz s pomoshch'yu magnitnogo polya [Upsurge of Roses Rooting with a Magnetic Field]. *Nauchnyy zhurnal*. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2005/04/10/> (accessed 26 April 2012).

11. Khinchuk K.E., Khinchuk D.G. Reshenie prostranstvennoy komponovki pritsep-nogo modulya lesnoy seyalki pri ispol'zovanii sredstv maloy mekhanizatsii [Solution of the Spatial Integration of Tree-Seed Drill Module by Power Choring Facilities]. *Razvitie severo-Arkticheskogo regiona: problemy i resheniya: materialy nauchnoy konferentsii* [Development of the Northern Arctic Region: Problems and Solutions. Proc. Conf.]. Arkhangelsk, 2012, pp. 127–128.

12. Chilimov A.I., Pentel'kin S.K. Problemy ispol'zovaniya stimulyatorov rosta v lesnom khozyaystve [Problems of Using Growth Factors in Forestry]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1995, no. 6, pp. 11–12.

---

УДК 630\*284.2

## ПОИСК НОВЫХ СТИМУЛЯТОРОВ СМОЛОВЫДЕЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

© *В.В. Петрик, д-р с.-х. наук, проф.*

*Е.Д. Гельфанд, д-р техн. наук, проф.*

*Н.О. Пастухова, асп.*

*А.И. Горкин, канд. с.-х. наук, ст. преп.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: les@agtu.ru, hope203@yandex.ru

Интенсификация смолы выделения и количество добываемой живицы зависит от использования различных стимуляторов. Наиболее эффективны стимуляторы в виде растворов. В статье рассмотрена актуальная и значимая на сегодняшний день проблема, связанная с разработкой методов повышения смолопродуктивности сосновых насаждений *Pinus sylvestris* L., которые занимают лидирующие позиции в лесном хозяйстве и роль которых в развитии лесной отрасли велика. Приведены результаты эксперимента по использованию некоторых видов базидиальных грибов (класса *Basidiomycetes*) в качестве стимулятора смолы выделения при подсочке. Дан подробный анализ применяемых стимуляторов, а также указаны способы их хранения и приготовления, определены оптимальные концентрации рабочих растворов. Подробно рассмотрено несколько вариантов приготовления препаратов из исследуемых видов базидиальных грибов с полным описанием методики и технологии работ. По результатам исследований установлено, что применение стимуляторов на основе базидиальных грибов увеличивает выход живицы в среднем на 43 %, что говорит о высокой эффективности рабочих растворов изучаемых стимуляторов. Полученные данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения и разработки рекомендаций для применения изучаемых стимуляторов в промышленных масштабах.

*Ключевые слова:* смолы выделения, стимуляторы, базидиальные грибы.

Для интенсификации смолы выделения и увеличения количества добываемой живицы при подсочке деревьев применяют различные стимуляторы, как правило, в виде растворов.

Одними из наиболее эффективных стимуляторов являются растворы на основе кормовых дрожжей. Данный раствор стимулятора обладает хорошей способностью к повышению выхода живицы, прост в приготовлении, не агрессивен, его применение не отражается на деловых свойствах древесины. Кормовые дрожжи – это микроорганизмы, относящиеся к микроскопическим грибам. Производят их промышленным путем, культивируя на специальных питательных средах. Затем биомассу сгущают и высушивают. В товарном виде это порошок от слабо-желтого до коричневого цвета влажностью не более 10 %, соответствующий требованиям ГОСТ 20083–74 (Дрожжи кормовые. Технические условия). Но с начала 90-х гг. производство данного продукта было резко сокращено.

Актуальность проблемы поиска веществ, способных заменить сухие кормовые дрожжи, очень высока по причине существующей потребности народного хозяйства в данном виде стимулятора. Кроме того, в связи с сокращением производства значительно возросла стоимость кормовых дрожжей, что сделало проблематичным использование при подсочке стимуляторов на основе кормовых дрожжей.

Стояла задача найти общедоступный стимулятор, который не базируется на использовании дефицитных дорогостоящих материалов. Нами (Гельфанд Е.Д., Петрик В.В. Патент на изобретение № 2386242 RU 2 386 242 С2 МПК А01G 23/10 Б. 11. 2010) было предложено заменить в производственном процессе растворы сухих дрожжей на высшие грибы – макромицеты класса базидиальных (надцарство – *Eukaryota*; царство – *Fungi*; отдел – *Basidiomycota*; класс – *Basidiomycetes*). При этом исходили из того, что плодовые тела базидиальных грибов сходны по химическому составу и морфологическому строению тканей с дрожжами.

Сущность применяемого способа приготовления раствора стимулятора заключается в том, что в качестве исходного материала берут произрастающие в природе базидиальные грибы, заливают их водой, перемешивают, затем отделяют раствор от нерастворившегося остатка и используют его в качестве стимулятора смолы выделения при подсочке.

Практическая проверка эффективности стимуляторов смолы выделения на основе высших грибов производилась на базе Емцевского учебно-опытного лесхоза Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. В целях выявления стимулирующей способности растворов и определения оптимальной концентрации стимулятора на участках соснового насаждения III класса бонитета пятого класса возраста (по растениям эдификаторам чернично-брусничного типа леса), было отведено и подготовлено к подсочке 220 деревьев. Для приготовления растворов использовали сырье заготовки прошлого сезона. Сырье представляло собой смесь съедобных лесных грибов, состоящую из белого гриба (*Boletus edulis*), подберезовика обыкновенного (*Leccinum scabrum*), подосиновика красного (*Leccinum aurantiacum*), обабка серого (*Leccinum carpini*). Необходимо отметить, что грибы являются одним из наиболее сложных для систематики объектов и у исследователей нет единой классификации грибов.

Приготовленные из данного сырья растворы отличались по четырем признакам: способ хранения исходного материала, способ приготовления, концентрация раствора и наличие консервирующего вещества.

Для предотвращения порчи грибов применяется широкий спектр *способов хранения* грибов. Нами было использовано два: заморозка отваренных грибов и сушка свежих. Эти способы выбраны в связи с наиболее простой технологией, возможностью широкого внедрения в производство, использованием в качестве резервного материала заготовок населения.

В виду того, что базидиальные грибы и кормовые дрожжи имеют аналогичное строение, *способы приготовления растворов* были заимствованы из технологии приготовления растворов стимуляторов смолы выделения из кормовых дрожжей. Растворы готовили в виде отвара (сырье кипятили в воде в течение 10...15 мин, затем охлаждали) и настоя (исходный материал погружали в теплую воду и настаивали 72 ч). Далее отвар или настой процеживали через 2 слоя марли, отделяя нерастворившуюся массу.

В ходе эксперимента было предложено использовать *концентрации растворов грибов* по аналогии с технологией приготовления кормовых дрожжей для стимуляции смолоотделения. Для проверки эффективности выбраны следующие концентрации, %: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0.

Для увеличения срока использования растворов в производстве широко применяют *консерванты*. Одним из наиболее распространенных консервантов, добавляемых в стимуляторы смолы выделения класса «А», является лимонная кислота, которую часто заменяют уксусной. Нами использовался слабый раствор уксусной кислоты. В целях проверки эффективности консерванта в эксперимент был включен контрольный опыт без добавления консерванта.

Для проверки влияния каждого из вышеприведенных признаков были приготовлены 11 вариантов стимулятора (табл. 1).

Таблица 1

Варианты испытываемых стимуляторов

№ варианта	Способ		Концентрация раствора, %	Консервант
	хранения грибов	приготовления раствора		
1	Сушеные	Отвар	0,5	Присутствует
2	«	«	1,0	«
3	«	«	1,5	«
4	«	Настой	0,5	«
5	«	«	1,0	«
6	«	«	1,5	«
7	Замороженные	«	0,5	«
8	«	«	1,0	«
9	«	«	1,5	«
10	«	«	2,0	«
11	«	«	1,0	Отсутствует

На предварительном этапе эксперимента были предусмотрены подготовительные работы, заключающиеся в расчистке рабочих мест вздымщика, разметке карр, подготовке карр двуручными стругами, оконтуровке карр, производившейся для возможности нанесения подновок длиной 1 дм. В связи с необходимостью учета деревьев и карр проведена нумерация деревьев, помечены опытные карры краской, проведены желобки, установлены в щап полиэтиленовые приемники вместимостью 150 г.

Проверку каждого варианта стимулятора осуществляли на 20 деревьях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Карры подготавливали с двух сторон ствола: с одной стороны карры обрабатывали стимуляторами, с другой – не обрабатывали (контроль).

Для получения сопоставимых результатов были приняты единые во всех случаях метод и технология работ: подсочка восходящим способом; ширина карр 10 см, одна из которых обработана раствором стимулятора, вторая – без обработки (контроль); шаг подновки 1,2 см; глубина подновки 3...4 мм; угол подновки 45°; пауза вздымки 3,5 дн. Делали 5 обходов. Смолопродуктивность деревьев оценивали по среднему выходу живицы с карродециметрподновки (КДП) при ширине карры 10 см (ОСТ 13-80–79). Контур карр наносили по трафарету. Подсочку производили универсальным хаком № 3 с резцом № 1. Подновки наносили одновременно на двух сторонах карры, что дает возможность сравнивать полученные результаты по контрольной и опытной каррам и сводить к минимуму посторонние факторы, влияющие на выход живицы.

Сбор живицы осуществляли один раз по окончании подсочки. Образцы живицы от каждой карры взвешивали на электронных весах НЛ-100 с точностью  $\pm 0,1$  г.

Следующим этапом явилась статистическая обработка собранных материалов. Вся совокупность данных была разбита на 20 вариационных рядов по признаку применяемого раствора, для каждого статистического ряда вычислены основные статистические показатели (табл. 2).

Анализ табл. 2 показывает, что стимуляторы на основе базидиальных грибов увеличивают выход живицы в среднем на 43 %. Это свидетельствует о высокой эффективности данных растворов, сравнимой со стимуляторами на основе кормовых дрожжей. По данным других исследователей [1–4], дрожжевые стимуляторы, как правило, увеличивают выход живицы на 20...40 %. В условиях наших экспериментов увеличение выхода живицы может достигать 60 %. Результаты, полученные нами, достоверны при минимальной вероятности безошибочного заключения, точность опыта составляла до 1,3 %.

Наилучший результат (увеличение выхода живицы на 63 %) получен при применении в качестве стимулятора отвара сушеных грибов в концентрации 1,0 %. Хорошие результаты (увеличение на 51...56 %) достигнуты при использовании настоев из сухих грибов (концентрация 1,0 и 1,5 %), а также настоя из замороженных грибов (концентрация 0,5 %).

Из сравнения результатов опытов № 8 и № 11 следует, что выход живицы без использования консервантов при приготовлении раствора стимулятора выше, чем с консервантом.

В пределах данного исследования не представилось возможным изучить, насколько эффективно консервант будет защищать раствор от порчи при длительном хранении.

Таблица 2

Основные статистические показатели выхода живицы по вариантам опыта

№ опыта	Со стимулятором		Без стимулятора		Различие		Расчетное значение критерия Стьюдента*
	Выход живицы с КДП, г	Коэффициент изменчивости, %	Выход живицы с КДП, г	Коэффициент изменчивости, %	г	%	
1	7,5±0,092	2,6	5,4±0,072	2,8	2,1	42,7	17,26
2	8,4±0,102	7,4	5,2±0,024	2,7	3,2	62,7	31,33
3	6,8±0,024	3,4	4,9±0,012	2,4	1,9	40,6	73,27
4	7,6±0,022	4,1	6,1±0,018	4,3	1,5	28,3	54,36
5	8,3±0,022	4,7	5,5±0,010	3,1	2,8	55,7	120,74
6	7,7±0,018	5,0	5,3±0,012	4,7	2,4	52,7	117,87
7	7,1±0,014	4,8	5,5±0,014	0,0	1,6	51,3	82,63
8	6,5±0,004	1,7	5,2±0,002	1,5	1,3	27,8	284,27
9	7,4±0,002	1,2	5,5±0,002	1,7	1,9	39,1	491,77
10	6,4±0,008	4,7	4,7±0,004	2,8	1,7	39,0	197,97
11	7,1±0,004	2,4	5,4±0,002	2,2	1,7	35,7	52,03
Среднее	7,4±0,028	3,8	5,3±0,016	2,6	2,1	43,2	17,26

\*Стандартное значение критерия Стьюдента для данной выборки  $t_0 = 4$ .

*Выводы*

1. Высшие базидиальные грибы способны заменить сухие кормовые дрожжи в качестве стимулятора смолы выделения сосны обыкновенной. Это обеспечивает вздымщикам фактически полную независимость от закупки каких-либо специальных средств для добычи живицы.

2. Рекомендуются к применению стимуляторы, приготовленные из сухих грибов методом отвара (концентрация 1,0 %) с добавлением консерванта и методом настоя (концентрация 1,0 %).

3. Полученные данные являются опытными, поэтому необходима промышленная апробация и дальнейшее изучение данных видов стимуляторов, т. е. выявление таких видов грибов, при использовании которых достигается максимально высокий эффект от подсочки. Не исключено, что ими могут оказаться ядовитые грибы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грязькин А.В. Рациональная хозяйственная деятельность как способ реализации возобновительного потенциала лесных экосистем // Лесн. журн. 2007. № 5. С. 36–44. (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Сунгурова Н.Р., Сунгуров Р.В. Выращивание культур сосны на луговой вырубке северной подзоны тайги // Лесн. журн. 2012. № 4. С. 56–63. (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Фролов Ю.А. Лесоводственно-биологические и технологические основы подсочки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). СПб.: СПбНИИЛХ, 2001. 448 с.

4. Ярунов А.С. Лесоводственно-экологические и технологические основы подсочки сосны обыкновенной с применением кормовых дрожжей как стимуляторов выхода живицы на Европейском Севере: дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1987. 183 с.

Поступила 30.06.14

УДК 630\*284.2

**The Search of New Resin Exudation Stimulators of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.)**

*V.V. Petrik, Doctor of Agriculture, Professor*

*E.D. Gelfand, Doctor of Engineering, Professor*

*N.O. Pastukhova, Postgraduate Student*

*A.I. Gorkin, Candidate of Agriculture, Senior Lecturer*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, 163002, Arkhangelsk, Russia; e-mail: les@agtu.ru, hope203@yandex.ru

Resin exudation intensification and the amount of obtained galipot are dependent from use of different stimulators. Stimulators in terms of solutions are the most effective. The article describes the current and relevant for today problem with developing of methods to improve resin productivity of pine plantations as *Pinus sylvestris* L. which is a leader in forestry and its role in the development of the forest grow back great. The results of experiments on the use of certain types of basidium fungi (class Basidiomycetes) as a stimulator of resin productivity by tapping are presented. The detailed analysis of used stimulators is given,

as well as methods of storing, preparing are pointed, and the optimal concentration of working solutions is determined. Several options of making preparations of the studied species of basidium fungi with a full description of methodological and technological work were discussed in detail. According to the research it has been found that with the use of stimulators, based on basidium fungi, galipot going out is increased on average by 43 %, indicating a high efficiency of working solutions studied stimulators. The findings suggest the need for further study and development of recommendations for the use of studied stimulators in industrial standards.

*Keywords:* resin exudation, stimulators, basidium fungi

#### REFERENCES

1. Gryaz'kin A.V. Ratsional'naya khozyaystvennaya deyatel'nost' kak sposob realizatsii vozobnovitel'nogo potentsiala lesnykh ekosistem [Rational Economic Activity as Way of Regeneration of Forest Ecosystems Potential]. *Lesnoy zhurnal*, 2007, no. 5, pp. 36–44.
  2. Sungurova N.R., Sungurov R.V. Vyrashchivanie kul'tur sosny na lugovikovoy vyрубke severnoy podzony taygi [Results of Pine Growing in Meadow Felling Areas of the Northern Boreal Subzone]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 4, pp. 56–63.
  3. Frolov Yu.A. *Lesovodstvenno-biologicheskie i tekhnologicheskie osnovy podsochki sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.)* [Silvicultural - Biological and Technological Bases of Scots Pine Tapping (*Pinus sylvestris L.*)]. St. Petersburg, 2001. 448 p.
  4. Yaronov A.S. *Lesovodstvenno-ekologicheskie i tekhnologicheskie osnovy podsochki sosny obyknovennoy s primeneniem kormovykh drozhzhey kak stimulyatorov vykhoda zhivitsy na Evropeyskom Severe: Dis. ... kand. s.-kh. Nauk* [Silvicultural and Environmental and Technological Bases of Scots Pine Tapping Using Nutrient Yeast as Feed Stimulators of Galipot Output in the European North: Dis ...Cand. Agric. Sci.]. Moscow, 1987. 183 p.
-





УДК 625.814.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ НА УКРЕПЛЕНИЕ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ СЫРОЙ НЕФТЬЮ

© *Ф.А. Павлов<sup>1</sup>, канд. техн. наук, проф.*

*М.А. Мельницкий<sup>1</sup>, асп.*

*Л.Н. Голицын<sup>2</sup>, ген. дир.*

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: promtrans@agtu.ru

<sup>2</sup>ООО «Доринжсервис», ул. Павла Усова, 10, оф. 37, г. Архангельск, Россия, 163002; факс: +7-911-56-20-425

В настоящее время наличие лесовозных дорог значительно влияет на промышленное освоение отдаленных территорий Архангельской области. Они органично вписываются в общую транспортную сеть, несмотря на их ограниченное применение. В целях улучшения эксплуатационных характеристик лесовозных дорог используют каменные материалы, укрепленные различными веществами (битум, нефть, портландцемент, известь и т. д.). Изучение влияния компонентов, входящих в состав дорожно-строительных материалов при их укреплении, является важным направлением развития лесотранспортной отрасли. В данной работе приведены результаты исследования гранулометрического состава нефтегравийной и песчано-гравийной смесей, которые чаще всего используются в покрытиях лесовозных автодорог. В ходе исследования установлена сходимость кривых зернового состава нефтегравия и песчано-гравийной смеси № 2. При помощи графоаналитического анализа выявлено несоответствие нормативным требованиям фракционного состава образцов песчано-гравийной смеси, взятых непосредственно с дорожного покрытия и из карьера. В ходе изучения компонентного состава нефтегравийной смеси методом выжигания было определено количество содержащихся в ней вяжущих веществ, которое составило 4,3 % от каменного материала. С помощью методов электронной микроскопии была исследована структура поверхности вяжущих материалов (нефть и битум), используемых для укрепления лесовозных дорог. Выявлены существенные структурные различия между ними. В рамках исследования проведен структурно-групповой анализ нефти и дорожного битума в целях определения количественного содержания асфальтенов, смол и парафинов. Эксперимент показал, что содержание в битуме данных углеводородных групп соответственно в 10; 2 и 1,5 раза больше, чем в нефти. При этом удельное содержание данных групп в битуме учтено почти полностью в отличие от нефти, в которой 61,89 % их не идентифицировано. Наличие такого количества асфальтенов и парафинов в дорожном битуме, с одной стороны, и значительное содержание углеводородных групп легких и особо легких фракций, обладающих разжижающими и пластифицирующими свойствами, в сырой нефти, с другой стороны, дает возможность использовать их совместно.

В целях уменьшения межфазного перехода битума из одного агрегатного состояния в другое при изменении температуры принято решение использовать дорожный битум в виде мелкодисперсного материала – битумного порошка. С помощью оптической микроскопии получены изображения структуры битумного порошка.

*Ключевые слова:* лесовозные дороги, зерновой состав, песчано-гравийная смесь, битумный порошок, нефть, структура.

Применение новых дорожно-строительных материалов в строительстве лесовозных дорог невозможно без изучения их компонентного состава. Большинство дорожно-строительных смесей содержат в своем составе каменные материалы и вяжущее вещество. Каменные материалы подбираются таким образом, чтобы получить максимально прочный каркас будущей дорожной конструкции.

В современной практике строительства лесовозных дорог чаще всего используют местные каменные материалы, которые по своим физико-техническим характеристикам не всегда отвечают нормативным требованиям. В связи с этим существует потребность улучшения их свойств путем введения вяжущих веществ: битума, эмульсии, сырой нефти, портландцемента, извести и т. д. Примером дорожно-строительного материала, который содержит каменные компоненты, как правило местного происхождения, а также органические вяжущие вещества в виде сырой нефти и продуктов ее переработки, является нефтегравий. В работе [1] приведено описание этого материала, изучены эмпирические прочностные характеристики и рассмотрена возможность применения его в покрытиях лесовозных автомобильных дорог.

Цель данной работы заключается в исследовании компонентного состава нефтегравийной смеси (нефтегравия) и подборе песчано-гравийной смеси (ПГС), схожей по зерновому составу с нефтегравием, а также в изучении влияния компонентов ПГС на укрепление ее сырой нефтью.

В ходе исследования нефтегравийной смеси был изучен ее состав, т. е. содержание органического вяжущего и каменного наполнителя.

Количество вяжущего вещества в нефтегравии определяли методом выжигания, сущность которого заключалась в том, чтобы с помощью весового контроля массы образцов вырубки до и после нагревания при температуре 500 °С в течение 1,5 ч найти разницу в массе.

Количество вяжущего вещества  $q_v$  сверх минеральной части нефтегравийной смеси (более 100 %) определяли по формуле [3]

$$q_v = \frac{G_1 - G_2}{G_2 - G} 100 \%,$$

где  $G_1$  – масса лотка с навеской смеси до выжигания, г;

$G_2$  – масса лотка с навеской смеси после выжигания, г;

$G$  – масса лотка, г.

Содержание вяжущего вещества определяли на основе результатов двух параллельных испытаний, расхождение между параллельными испытаниями составило 0,05 %, что значительно меньше нормативного 0,2 % (по абсолютной величине). Это указывает на достоверность исследования. Результаты представлены на рис. 1.



Из рис. 1 видно, что вяжущее составляет 4,3 % от минеральной смеси, взятой за 100 %.

Кроме того, в ходе исследования был определен гранулометрический состав нефтегравийной смеси (рис. 2). В связи с тем, что нефтегравий принято считать схожим по составу и технологии производства с холодным асфальтобетоном, было проведено графоаналитическое сравнение их зерновых составов.

На рис. 2 показано, что нефтегравийная смесь содержит более 50 % фракции каменных материалов размером не менее 5 мм, в отличие от асфальтобетона, который на 30...40 % состоит из этой фракции [2].

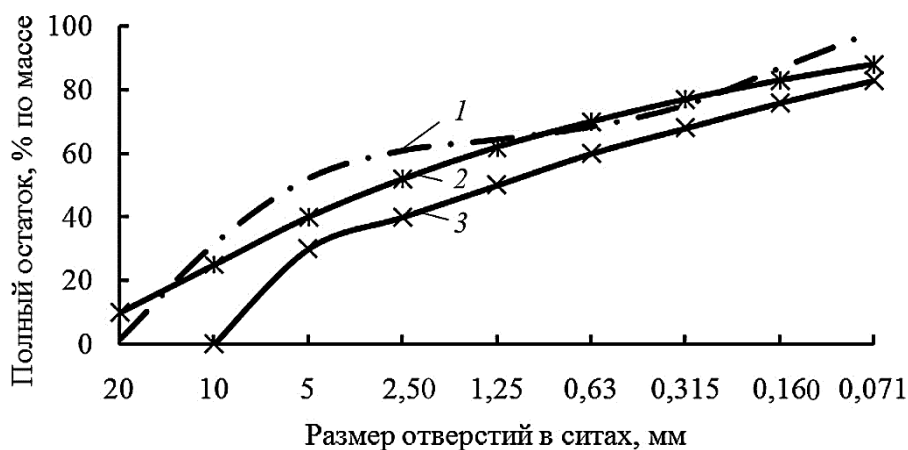
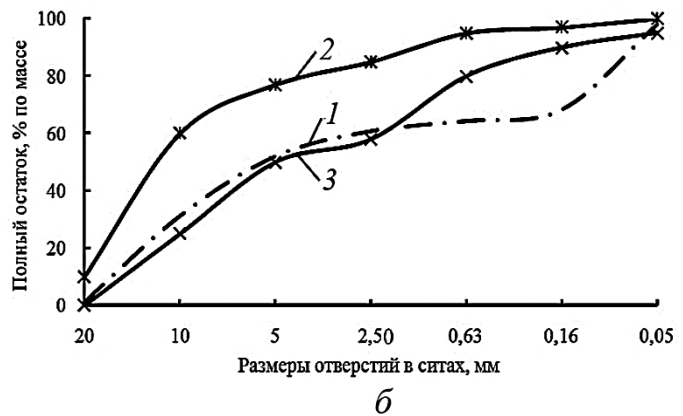
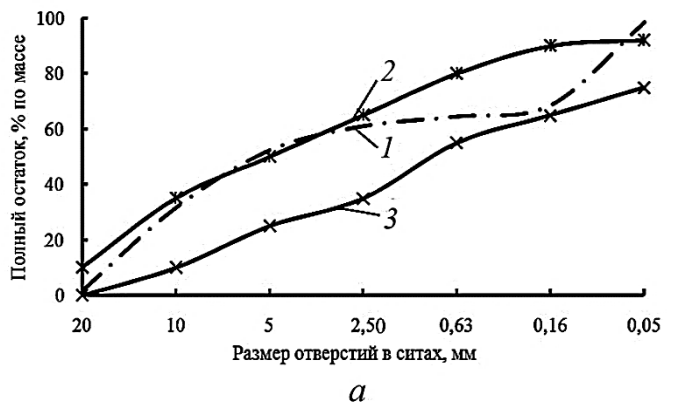


Рис. 2. Гранулометрический состав нефтегравия (1) и холодного асфальтобетона марки «Вх» (2, 3): 2 – верхняя граница, 3 – нижняя граница

Наличие фракций размером более 5 мм оказывает существенное влияние на прочностные свойства дорожного материала. Было принято решение сравнить зерновые составы нефтегравия и ПГС, как материала, наиболее часто применяемого в строительстве лесовозных дорог. Основным документом, регламентирующим фракционный состав каменного материала в песчано-гравийной смеси, является ГОСТ 25607–2009 [4].

Нами были подобраны две наиболее подходящие по зерновому составу смеси ПГС № 2 и ПГС № 6. Их сравнивали графоаналитическим способом путем построения кривых зернового (гранулометрического) состава (рис. 3).

Рис. 3. Гранулометрический состав (по ГОСТ 25607–2009) нефтегравия (1) и ПГС (2, 3): а – ПГС № 2 и нефтегравий; б – ПГС № 6 и нефтегравий; 2 – верхняя граница, 3 – нижняя граница



Установлено, что гранулометрическая кривая нефтегравия повторяет геометрию нормативно-установленного зернового состава ПГС № 2, что делает возможным применять ее в качестве аналога нефтегравия по фракционному содержанию каменного материала.

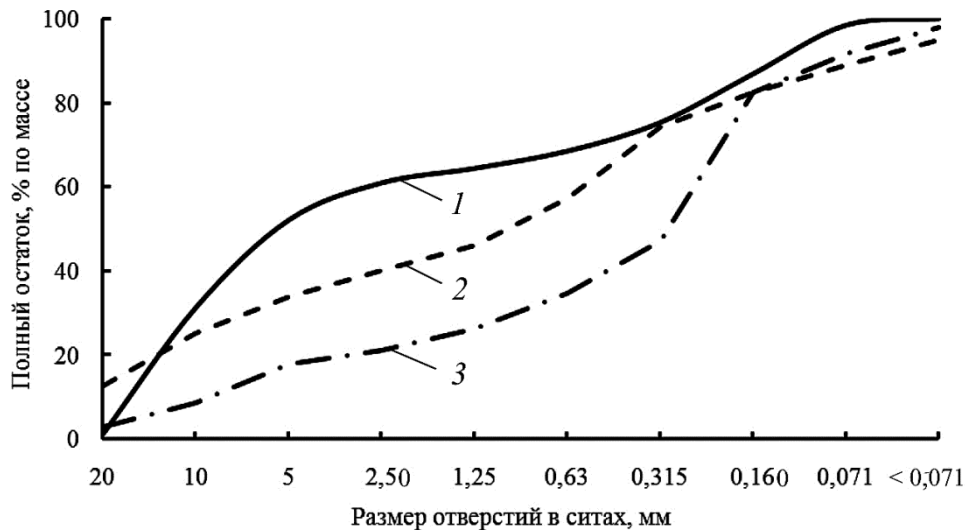


Рис. 4. Гранулометрический состав нефтегравия (1) и образцов ПГС (2, 3): 2 – с притрассового карьера, 3 – с дороги на Холмогоры

После установления схождения гранулометрических кривых нефтегравия и ПГС № 2 (рис. 3) был проведен подбор из двух образцов ПГС, сходных по зерновому составу с ПГС № 2. На рис. 4 представлены результаты исследования гранулометрического состава двух образцов ПГС, взятых непосредственно с дорожного песчано-гравийного покрытия и из притрассового карьера.

Исследования показали, что образцы ПГС по показателю «содержание частиц более 5 мм» не соответствуют ПГС № 2, поэтому не могут быть применены в покрытиях лесовозных дорог [4]. Хотя по классу дробимости они удовлетворяют всем требованиям. Нефтегравий с дорожного покрытия относится к особо прочным смесям, так как имеет класс дробимости М1000, гравий с притрассового карьера – класс М600.

На основании результатов исследования гранулометрических составов и прочностных испытаний различных видов смесей можно сделать следующие промежуточные выводы:

зерновой состав нефтегравия наиболее схож с ПГС № 2, а не с холодным асфальтобетоном, как считалось ранее;

взятые образцы ПГС по зерновому составу не соответствуют нефтегравию, а следовательно, и ПГС № 2.

Применение ПГС, особенно местного происхождения, без укрепления органическими или неорганическими вяжущими не дает возможности в полной мере использовать лесовозные дороги в сложных природных условиях Севера. Поэтому подбор оптимального состава вяжущего вещества является особо важной задачей. В данной работе с применением методов электронной

микроскопии\* исследовались такие вязущие материалы, как дорожный битум (марка БНДУ 90/130), сырая нефть и битумный порошок.

В ходе изучения структуры нефти были получены изображения различной конфигурации и масштаба. На рис. 5 представлена поверхность сырой нефти с разрешением до 1 мкм.

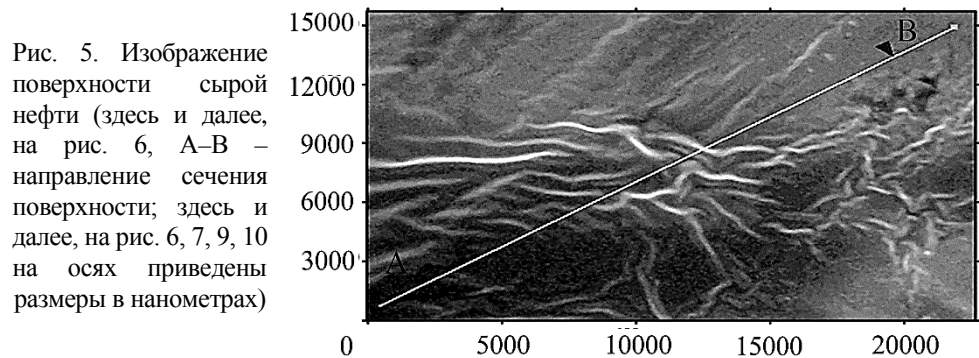


Рис. 5. Изображение поверхности сырой нефти (здесь и далее, на рис. 6, А–В – направление сечения поверхности; здесь и далее, на рис. 6, 7, 9, 10 на осях приведены размеры в нанометрах)

Из рис. 5 видно, что поверхность сырой нефти неровная, имеются значительные перепады высот. Кроме того, анализируя пространственные выпуклости, можно утверждать, что в структуре имеются твердые включения, которые нельзя увидеть при данном увеличении.

С помощью специализированной программы по обработке растровых изображений построено сечение А–В по диагональному направлению из т. А

с самой низкой отметкой до самой удаленной от нее т. В. Профиль по направлению сечения А–В представлен на рис. 6, где видно, что поверхность, как и предполагали, достаточно неровная, имеются как выпуклости, так и впадины, прослеживается общий уклон поверхности.

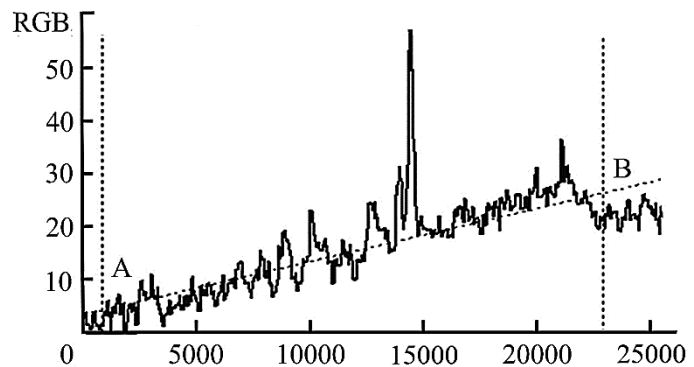


Рис. 6. Профиль сечения поверхности сырой нефти

\* Работа проводилась с помощью электронного растрового микроскопа Zeiss SIGMA VP оборудования ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Минобрнауки России.

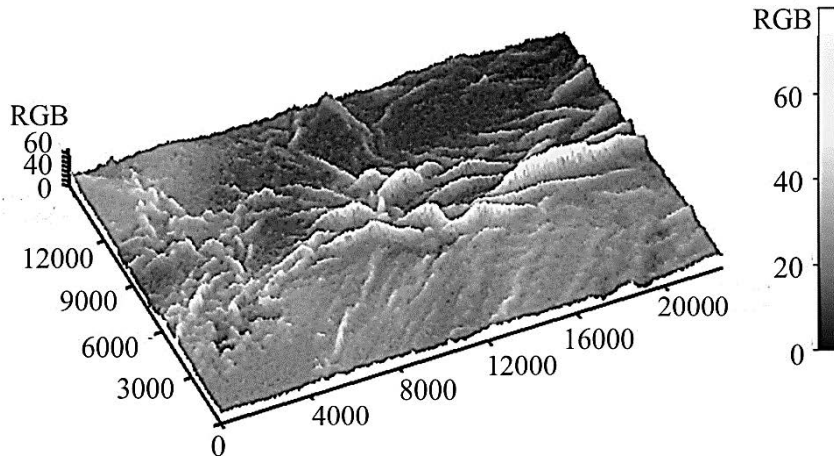


Рис. 7. Трехмерное изображение поверхности сырой нефти

На рис. 7 приведена поверхность образца сырой нефти в трехмерном изображении с разрешением до 1 мкм.

При увеличении масштаба в структуре поверхности сырой нефти обнаруживаются сетчатые включения, указывающие на упругие реологические свойства (рис. 8 и 9).

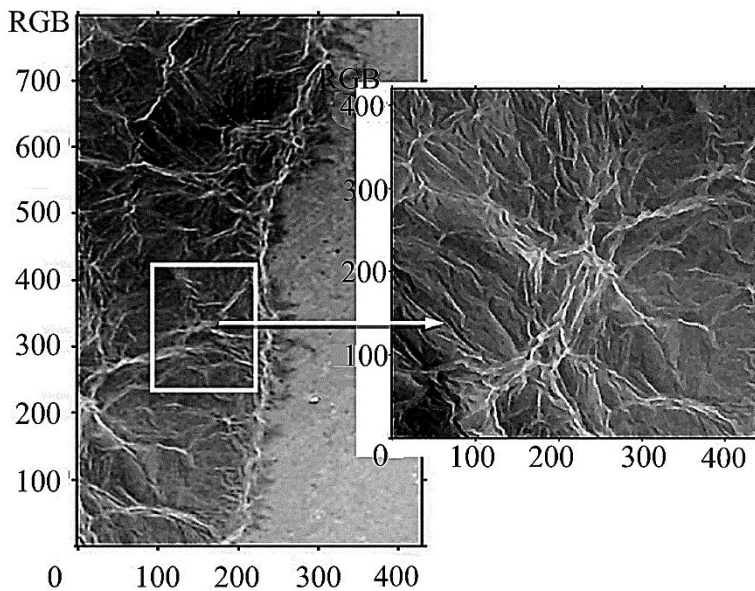


Рис. 8. Сетчатая структура поверхности сырой нефти ( на осях приведены размеры в миллиметрах)



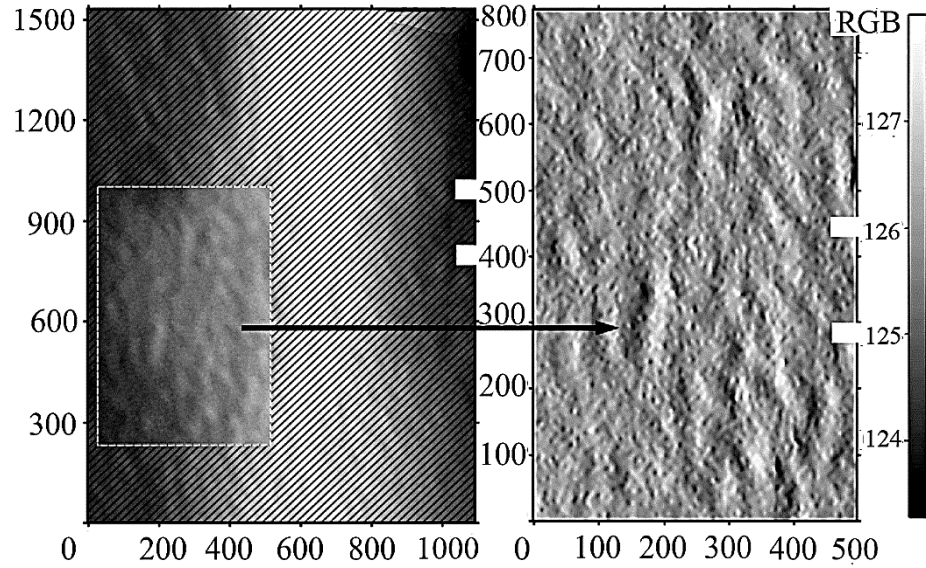


Рис. 9. Изображение твердых включений на поверхности сырой нефти

Считается, что сильные структурные разветвления влияют на гибкость макромолекул, в то же время наличие коротких и частых боковых сетчатых включений указывает на их жесткость [5].

Для сравнения на рис. 10 представлена поверхность дорожного битума.

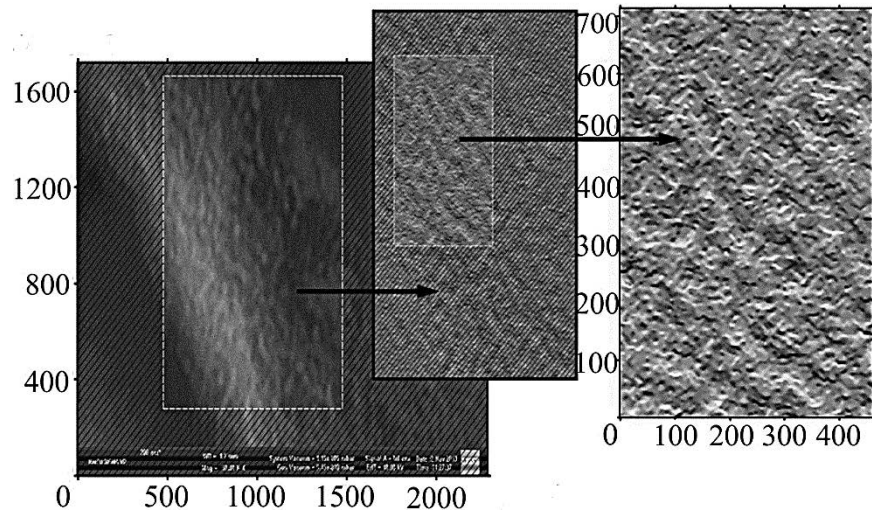


Рис. 10. Структура поверхности дорожного битума марки БНДУ 90/130



На основании данных электронной микроскопии можно сделать вывод, что различия в структуре поверхностей нефтесодержащих материалов предполагают и различные технико-эксплуатационные свойства нефти и битума.

Присутствие объемных, преимущественно вытянутых в одном направлении, глобулярных надмолекулярных образований в структуре нефти (см. рис. 9) указывает на ее устойчивость к механическим воздействиям. Модуль упругости плавно меняется при изменении температуры [5]. В структуре битума БНДУ 90/130 имеются преимущественно округлые формы глобул (рис. 10), структура которых однородна и характеризуется отсутствием ленточных коротких фибриллярных структур. Наличие центров структурообразований указывает на широкий интервал пластичности и устойчивости к механическим воздействиям [5].

В инновационно-технологическом центре арктических нефтегазовых лабораторных исследований института нефти и газа САФУ был изучен структурно-групповой состав образцов битума и нефти (рис. 11). Установлено, что в битуме марки БНДУ 90/130 содержание асфальтенов в 10 раз выше, чем в сырой нефти, а парафинов и силикагелевой смолы в 1,5 и 2 раза соответственно. Следует отметить, что указанных компонентов в битуме содержится 83,51 % от общей массы, в сырой нефти – 31,81 %. Данный факт указывает на то, что около 68,19 % всего состава нефти не учтено и может быть отнесено к легким и особо легким фракциям. Таким образом, в данном случае нефть рациональнее использовать совместно с основным вяжущим – битумом. Битум, как продукт переработки нефти, состоит в основном из тяжелых фракций и осадков.



Рис. 11. Состав сырой нефти (1) и битума марки БНДУ 90/130 (2)

Известно, что агрегатное состояние дорожных битумов зависит от температуры окружающей среды. При температуре 20 °С он проявляет тугопластичные свойства, при ее повышении до 40...80 °С преобладают жидкостные свойства, при температуре –10 °С он становится хрупким. Эти свойства влияют

Рис. 12. Структура поверхности битумного порошка при разрешении 100 микрон

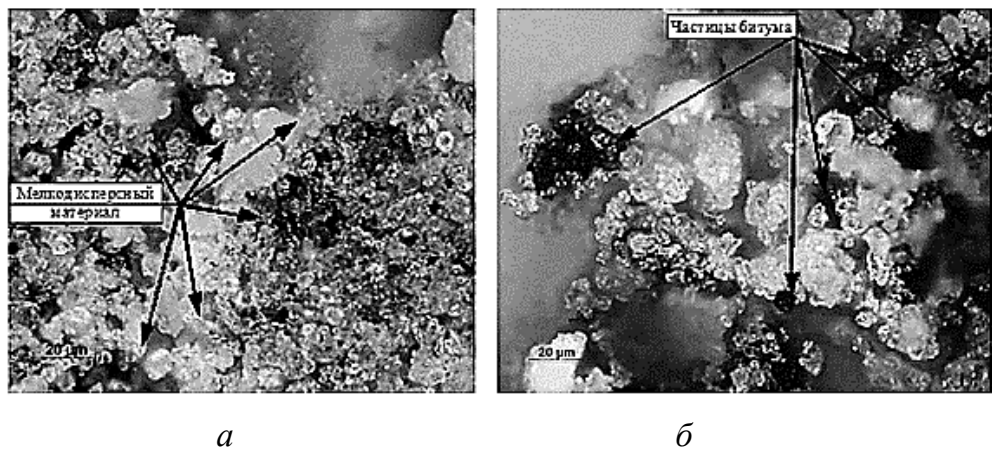
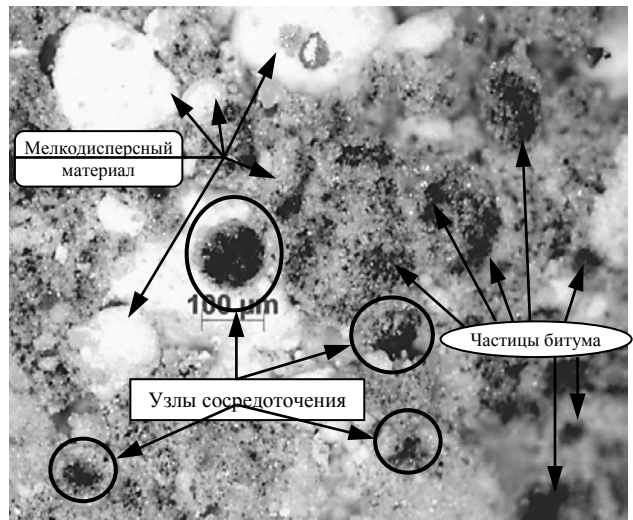


Рис. 13. Расположение кристаллов мелкодисперсного материала (а) и частиц дорожного битума (б) при разрешении 20 микрон

на применение битума в качестве основного вяжущего материала. Для уменьшения влияния агрегатных переходов битума при температурном воздействии в 1965 г. старшим научным сотрудником СевНИИП Б.В. Веселовым было предложено использовать битум для строительства лесовозных дорог в виде мелкодисперсного материала – битумного порошка, что почти исключало межфазовые переходы [6]. Предложенная методика была применена на практике, в результате были выпущены экспериментальные партии образцов битумного порошка. С помощью оптической микроскопии нами получены изображения структурных поверхностей битумного порошка (рис. 12, 13).

*Выводы*

1. На основе гранулометрических исследований нефтегравия и песчано-гравийных смесей было принято решение придерживаться гранулометрического состава ПГС № 2 [4], как наиболее схожего с зерновым составом нефтегравия. Поэтому для дальнейших лабораторных исследований предложено разделить имеющуюся ПГС из притрассового карьера на отдельные фракции и «уплотнить» ее зерновой состав до нормативно-установленного недостающим количеством фракций.

2. При изучении структур органических вяжущих веществ с помощью электронной микроскопии установлено, что битум и сырая нефть достаточно хорошо подходят для укрепления песчано-гравийных лесовозных дорог. Согласно структурно-групповому анализу, в сырой нефти недостаточно асфальтенов и парафинов, необходимых для прочного скрепления каменного материала, в битуме присутствует значительное количество асфальтенов и парафинов, что делает его хрупким при влиянии отрицательной температуры. Предложено совместно использовать нефть и битум для укрепления песчано-гравийных покрытий лесовозных дорог.

3. Для исключения влияния температуры на межфазовые переходы агрегатного состояния дорожного битума принято использовать мелкодисперсный материал – битумный порошок. Данные оптической микроскопии указывают на образование в битумном порошке узлов сосредоточения, которые можно считать основой для прочного взаимодействия битума, сырой нефти и каменного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жабин В.И., Мельницкий М.А., Герасимов О.В.* Эмпирическая оценка прочностных характеристик нефтегравийных покрытий автодорог // Лесн. журн. 2013. № 3. С. 79–85. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. ГОСТ 9128–97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. М.: Изд-во стандартов, 1999. 34 с.
3. ГОСТ 12801–98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1999. 63 с.
4. ГОСТ 25607–2009. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Изд-во стандартов. 2011, 11 с.
5. *Руденская И.М., Руденский А.В.* Органические вяжущие для дорожного строительства. М: Транспорт, 1984. 229 с.
6. *Павлов Ф.А., Савин Л.Е., Веселов Б.В.* Лесовозные автомобильные дороги на Севере. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 168 с.

Поступила 27.01.14

УДК 625.814.3

**Research of Influence of Sand-Gravel Mix Components on Strengthening of Forest Roads by Crude Oil**

*F.A. Pavlov<sup>1</sup>, Candidate of Engineering, Professor*

*M.A. Melnitsky<sup>1</sup>, Postgraduate Student*

*L.N. Golitsin<sup>2</sup>, General Director*

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: promtrans@agtu.ru

<sup>2</sup>Dorinzhservis ltd, P.Usova str., 10, Arkhangelsk, 163002, Russia; tel. +7-911-56-20-425

Nowadays the construction of the forest roads has considerable influence on the industrial development of frontier areas of the Arkhangelsk region. They organically fit into the general transport network, despite their limited application. For the purpose of the improvement of the operational characteristics in structures of the forest roads they apply the stone materials strengthened by various substances, such as bitumen, oil, portland cement, lime, etc. Studying the influence of the compound components of road-building materials at their strengthening is the important direction in the forest transport branch of the scientific knowledge. This paper presents the research results of the granulometric composition of oiled gravel mixture (hereinafter OGM) and sand-gravel mixture (hereinafter SGM), which are usually used at the forest road surfaces. At the experiments the convergence of curves of grain composition OGM and SGM no. 2 was determined. The graphical method of analysis revealed the discrepancies of the samples SGM taken directly from the road surface and career to the statutory requirements for mixtures. In addition, the study of the component composition OGM by the burning method the number of binders was determined, with the content of 4,3 % of the stone material. Using the electron microscopy techniques the surface structures of binding materials such as oil and bitumen, which are often used to increase the carrying capacity of forest roads coatings, were investigated. And the significant structural differences between these materials were revealed. The structural and group analysis of oil and bitumen were conducted to determine the amount of asphaltene, oleoresin and paraffin. The experiments established that the bitumen content in these hydrocarbon groups exceeds 10, 2 and 1,5 times than that of oil, respectively. The share of these substances in the bitumen was taken into account almost completely, unlike oil, 61.89 % of which is not defined. Therefore, it is appropriate to use jointly crude oil and bitumen in response the existence of amount of asphaltene and paraffin in the road bitumen and the existence of hydrocarbonic families of the light and superlight fractions in oil. In order to reduce the interfacial bitumen transition from one state of aggregation to another it was decided to use the bitumen in the form of finely-divided material - bituminous powder. The images of the structure of the bitumen powder was obtained with the help of the optical microscopy.

*Keywords:* forest roads, grain structure, sand-gravel mix, bituminous powder, oil, structure.

REFERENCES

1. Zhabin V.I., Melnitsky M.A., Gerasimov O.V. Jempiricheskaja ocenka prochnostnyh harakteristik neftegravijnyh pokrytij avtodorog [Empirical Strength Evaluation of the Oiled

Gravel Road Surface Characteristics]. *Izv. vissh. ucheb. zavedeniy. Lesnoi zhurnal*, 2013, no. 3, pp. 79–85.

2. *GOST 9128–97. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, ajerodromnye i asfal'tobeton* [State Standart 9128-97. Asphaltic Concrete Mixtures for Roads and Airfield and Asphaltic Concrete]. [GOST. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, ajerodromnye i asfal'tobeton]. Moscow: Standards Publ. House, 1999. 34 p.

3. *GOST 12801–98. Materialy na osnove organicheskikh vjzhushhih dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytanij* [State Standart 12801-98. Materials on the Basis of the Organic Binders for the Road And Airfield Construction. Test Methods]. Moscow: Standards Publ. House, 1999. 63 p.

4. *GOST 25607–2009. Smesi shhebenochno-gravijno-peschanye dlja pokrytij i osnovanij avtomobil'nyh dorog i ajerodromov. Tehnicheskie uslovija* [State Standart 25607–2009. Crushed Stone-Sandy Mixtures for Road and Airfield Surfaces and Bases. Specifications]. Moscow: Standards Publ. House, 2011. 11 p.

5. Rudenskaya I.M., Rudenskiy A.V. *Organicheskie vjzhushhie dlja dorozhnogo stroitel'stva* [Organic Binders for the Road Construction]. Moscow, 1984. 229 p.

6. Pavlov F.A., Savin L.E., Veselov B.V. *Lesovoznye avtomobil'nye dorogi na Severe* [Forest Roads in the North]. Moscow, 1969. 168 p.

---

УДК 634.0.37

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕСНОГО ТОРМОЗА ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ В ЦЕЛЯХ МАКСИМИЗАЦИИ ТОРМОЗНОЙ СИЛЫ**

© *Д.Г. Мясищев, д-р техн. наук, проф.*

*А.С. Вашуткин, канд. техн. наук, доц.*

*А.М. Швецов, асп.*

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

Рассмотрены вопросы, связанные с нахождением оптимальных параметров и характеристик тормозной подсистемы лесотранспортной машины, которая обеспечивает подачу сжатого воздуха на фрикционные поверхности тормозного механизма в процессе торможения, для нахождения максимального значения тормозной силы. Для охлаждения тормозных механизмов барабанного типа лесотранспортных машин, выноса продуктов износа из зоны трения было рекомендовано подавать сжатый воздух на их фрикционные поверхности. Установлено, что для повышения коэффициентов эффективности и стабильности тормозного механизма сжатый воздух требуется подавать в зону трения перед процессом торможения, т. е. перед тем, как тормозные колодки соприкоснутся с тормозным барабаном. В этом случае процесс торможения будет происходить более очищенными фрикционными поверхностями. Установлено, что подача сжатого воздуха перед процессом торможения повышает тормозную силу на 14 %. Это было определено на экспериментальном колесе автомобиля ЗИЛ ММЗ-554 при проведении эксперимента на компьютеризированном однорамном тормозном стенде с экраном «люкс» 28", 15T / 2\* 11кВт /44803, модель 7515-M 11FP NORD + 102561, серия № 330 (фирма «Muller-BEN»). После проведения эксперимента выполнен статистический анализ полученных данных, в результате которого были определены среднее значение выходной величины, с основной ошибкой, среднее квадратичное отклонение, точность опыта, достоверность среднего значения. На основании этих данных с помощью математического пакета MathCAD выполнен регрессионный анализ. Полученное уравнение регрессии и проверка его адекватности позволили определить оптимальные значения параметров и характеристик тормозной подсистемы, при которых будет наблюдаться максимальное значение тормозной силы, и построить график зависимости тормозной силы от диаметров подводящих отверстий и давления подаваемого воздуха. Максимальное значение тормозной силы составляет 10 400 Н при диаметре подводящих отверстий 5,9 мм и давлении воздуха 0,6 МПа. Следовательно, полученные экспериментально оптимальные параметры и характеристики тормозной подсистемы можно рекомендовать в дальнейшем для усовершенствования работы тормозного механизма барабанно-колодочного типа путем подачи сжатого воздуха на фрикционные поверхности во время процесса торможения, т. е. до соприкосновения тормозных колодок с тормозным барабаном.

*Ключевые слова:* сжатый воздух, оптимизация, уравнение регрессии, эксперимент.

Ранее нами было показано [1], что для повышения тормозной эффективности лесотранспортных машин требуется подавать сжатый воздух между тормозными колодками и тормозным барабаном в процессе торможения перед тем, как они соприкоснутся между собой, для удаления продуктов износа, грязи и влаги из зоны трения.

Целью данной работы является определение оптимальных значений характеристик и параметров тормозной подсистемы лесотранспортной машины, отвечающей за подачу воздуха между тормозными колодками и тормозным барабаном в процессе торможения.

Для определения тормозной силы на экспериментальном колесе автомобиля ЗИЛ ММЗ-554 была спроектирована экспериментальная установка [2]. Переменными факторами при проведении эксперимента являлись давление сжатого воздуха  $X_1$ , и диаметр подводящих отверстий  $X_2$ .

Для снижения числа весьма дорогих и трудоемких стендовых опытов планирование эксперимента базировалось на равномер-ротатабельном композиционном плане второго порядка. Характеристика плана эксперимента и его матрица приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

План эксперимента

Фактор	Уровень варьирования					$\Delta X_j$ при $j = 1,2$
	-	-1	0	+1	+ $\alpha$	
$X_1$ , МПа	0	0,12	0,39	0,66	0,77	0,27
$X_2$ , мм	2,0	2,9	5,0	7,1	8,0	2,1

Примечание.  $-\alpha$  и  $+\alpha$  – соответственно отрицательное и положительное значение звездных плеч; -1 и +1 – нижний и верхний уровни варьирования; 0 – центр эксперимента;  $\Delta X_j$  – интервал варьирования факторов.

Таблица 2

Матрица факторного эксперимента

№ опыта	Кодированные факторы		$Z_{1Ki} Z_{2Ki}$	$Z_{1^2 Ki}$	$Z_{2^2 Ki}$
	$Z_{1K}$	$Z_{2K}$			
1	-1	-1	+1	+1	+1
2	+1	-1	-1	+1	+1
3	-1	+1	-1	+1	+1
4	+1	+1	+1	+1	+1
5	-1,41	0	0	1,988	0
6	+1,41	0	0	1,988	0
7	0	-1,41	0	0	1,988
8	0	+1,41	0	0	1,988
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0

Для определения тормозной силы использовали компьютеризированный однорамный тормозной стенд с экраном «люкс» 28", 15Т / 2\* 11кВ /44803, модель 7515–М 11FP NORD + 102561, серия № 330 (фирма «Muller-BEN»), который прошел периодическую поверку (периодичность поверки 12 мес.), что подтверждается соответствующим документом. Данный стенд позволяет регистрировать тормозную силу не только графически, сопоставляя на графике тормозную силу правого и левого (экспериментального) колес (рис. 1), но и с помощью карты диагностики, в которой указывается значение тормозной силы.



Рис. 1

Класс точности (погрешность) данного стенда  $\Delta = \pm 200 \text{ Н}$  ( $\delta = \pm 2 \%$ ). Пределы измерений использовали по ГОСТ Р 51709–2001, значения тормозных сил на колесах грузовых автомобилей – по «Руководству по диагностике технического состояния подвижного состава автомобильного транспорта» (РД 200 РСФСР 15-0150–81).

После проведения эксперимента был выполнен статистический анализ полученных данных, в результате которого были получены: среднее значение тормозной силы  $x_{\text{ср}}$  с основной ошибкой  $Sx_{\text{ср}}$ ; среднее квадратичное отклонение  $S$ ; точность опыта; достоверность  $t$  среднего значения. Результаты расчетов приведены в табл. 3.



Таблица 3

Результаты расчетов статистических показателей экспериментальных данных

№ опыта	Кодированные факторы		Тормозная сила на левом колесе $P_t$ , Н	Среднее значение тормозной силы $x_{cp}$ , Н, с основной ошибкой $Sx_{cp}$ , Н	Среднее квадратичное отклонение $S$ , Н	Точность опыта, %	Достоверность среднего значения $t$
	$X_1$ , МПа	$X_2$ , мм					
1	0,12	2,9	9 360 8 790 8 900 9 200	9 062,50±131,68	263,36	1,453	68,822
2	0,66	2,9	9 790 9 890 8 850 9 360 9 810	9 540±195,75	437,72	2,052	48,734
3	0,12	7,1	9 830 9 710 9 750	9 763±35,28	61,10	0,361	276,764
4	0,66	7,1	12 030 10 780 10 040 11 170 10 140	10 835±364,57	815,21	3,366	29,711
5	0	5,0	10 430 9 360 10 450 9 400 9 520	9 032±249,63	558,18	2,539	39,387
6	0,77	5,0	9 650 9 340 9 480 9 230 10 100	9 560±152,22	340,37	1,592	62,805
7	0,39	2,0	8 250 8 210 8 040 7 710	8 052±122,91	245,81	1,526	65,517
8	0,39	8,0	8 040 8 530 8 530 8 470 7 960 9 850 9 520 10 590	8 936±333,12	942,21	3,728	26,826

Окончание табл. 3

№ опыта	Кодированные факторы		Тормозная сила на левом колесе $P_T$ , Н	Среднее значение тормозной силы $x_{cp}$ , Н, с основной ошибкой $Sx_{cp}$ , Н	Среднее квадратичное отклонение $S$ , Н	Точность опыта, %	Достоверность среднего значения $t$
	$X_1$ , МПа	$X_2$ , мм					
9	0,39	5,0	9 420	10 180,00±440,8	985,77	4,331	23,092
10	0,39	5,0	10 530				
11	0,39	5,0	9 650				
12	0,39	5,0	11 760				
13	0,39	5,0	9 540				

Далее по экспериментальным данным с помощью математического пакета MathCAD выполнен регрессионный анализ. После получения уравнения регрессии и проверки его адекватности стояла задача определения оптимальных значений параметров и характеристик тормозной подсистемы (давление подаваемого воздуха  $P_B$  и диаметр подводящих отверстий  $d_0$ ), при которых будет наблюдаться максимальная тормозная сила  $P_T$ . Результаты регрессионного анализа и оптимизации характеристик и параметров тормозной подсистемы показаны на рис. 2, зависимость  $P_T$  от  $P_B$  и  $d_0$  – на рис. 3, а и б.

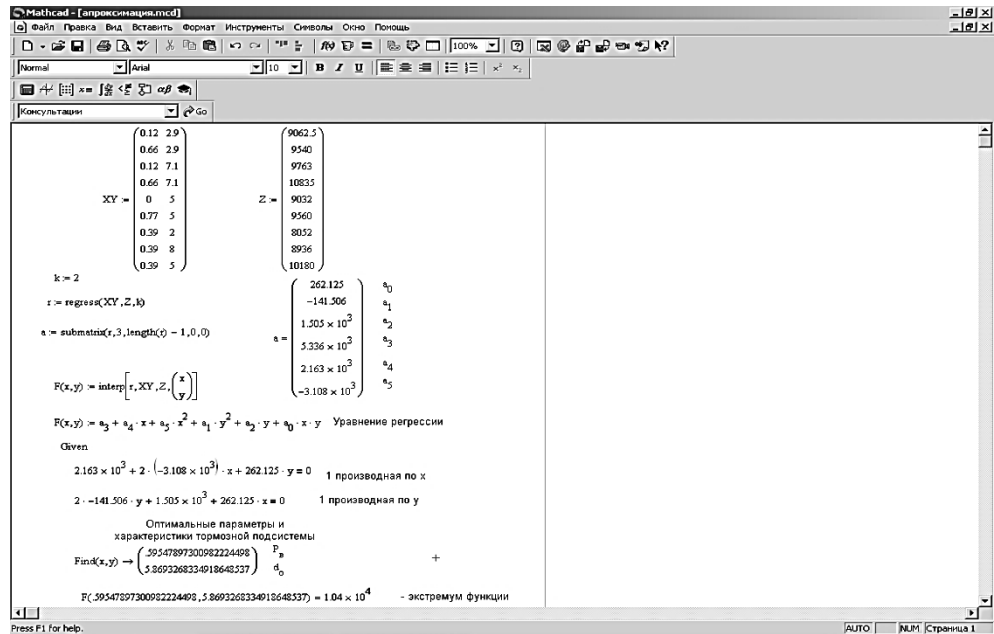


Рис. 2

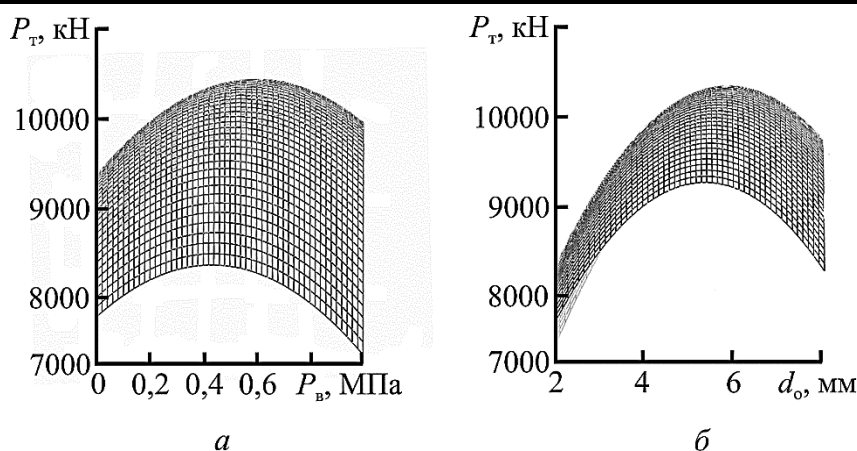


Рис. 3

Полученные результаты показывают, что максимальная тормозная сила  $P_T = 10\,400$  Н при  $d_o = 5,9$  мм и  $P_B = 0,6$  МПа. Следовательно, оптимальные значения параметров и характеристик тормозной подсистемы можно рекомендовать для дальнейшего усовершенствования работы тормозного механизма барабанно-колодочного типа путем подачи сжатого воздуха на их фрикционные поверхности во время процесса торможения, т. е. до соприкосновения тормозных колодок с тормозным барабаном.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваиуткин А.С. Улучшение эксплуатационных свойств тормозной системы лесотранспортных машин: дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2012. 139 с.
2. Мясищев Д.Г., Ваиуткин А.С., Швецов А.М. Постановка задач исследования подачи сжатого воздуха на фрикционные поверхности тормозного механизма с учетом эффекта сопла Лаваля // Лесн. журн. 2014. № 5. С. 107–112. (Изв. высш. учебн. заведений).

Поступила 04.12.12

УДК 634.0.37

**Parameter Optimization of the Wheel Brake of a Timber Car with the Objective of Brake Force Maximization***D.G. Myasishchev, Doctor of Engineering, Professor**A.S. Vashutkin, Candidate of Engineering, Associate Professor**A.M. Shvetsov, Postgraduate Student*

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: d.myasishchev@narfu.ru

The paper treats the questions of optimization of brake subsystem of timber cars providing air pressure supply to the frictional surfaces of the brake gear in the course of braking for finding out the maximum of brake force. For cooling of the drum type brake

of timber cars, carrying out products of wear out from a friction zone, it was recommended to blow the compressed air on their frictional surfaces. It is established that for increasing of effectiveness and stability factors of the brake gear the compressed air should be blown to a friction zone before braking process that is before the brake blocks adjoin with the brake drum. In this case, the process of braking will proceed by more cleared frictional surfaces. It is established that supply of the compressed air before the braking process led to increasing of the brake force for 14 % which was determined at the experimental wheel of the track MMZ-554 ZIL during the experiment at the computerized one-framed braking stand with the luxury screen 28", 15T/2\* by 11kW/44803, mod. 7515 – M 11FP NORD + 102561, of Muller-BEN company, ser. No. 330. After the experiment the statistical analysis of the obtained data was done and the next indicators were received: average value of output size, with the basic mistake; average square deviation; experience accuracy; reliability of the average value. By means of the mathematical MathCAD package the regression analysis on the obtained experimental data was made. After derivation of the regression equation and checking of its adequacy there was a problem of determination of optimum values of parameters and characteristics of a brake subsystem which provide the maximum value of brake force. The diagram of dependence of brake force on the inlets diameters and pressure of delivery air is received. The calculations showed that the maximum brake force is equal 10400 N, with the inlets diameters of 5,9 mm and pressure of delivery air – 0,6 MPas. Therefore, at the further improvement of the brake gear of the drum-block type by supplying compressed air at its frictional surfaces during the braking process, that is, before adjoining brake blocks with a brake drum, it is possible to recommend the received optimum parameters and characteristics of a brake subsystem.

*Keywords:* compressed air, optimization, the regression equation, experiment.

#### REFERENCES

1. Vashutkin A.S. *Uluchshenie jekspluatacionnyh svojstv tormoznoj sistemy lesotransportnyh mashin*: dis. ... kand. techn. nauk [Improvement of Operational Properties of the Brake System of Timber Cars: PhD in Techn. Sci. Diss. Abs.]. Arkhangelsk, 2012. 139 p.
2. Myasishchev D.G., Vashutkin A.S., Shvetsov A.M. Postanovka zadach issledovaniya podachi szhatogo vozduha na frikcionnye poverhnosti tormoznogo mehanizma s uchetom jeffekta sopla Lavalja [The Task Definition of Researching of Air Pressure Supply to the Brake Gear Friction Surfaces with the Convergent-Divergent Nozzle Effect]. *Izv. vissh. ucheb. zavedeniy. Lesnoi zhurnal*, 2014, no. 5, pp. 107–112.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.028.9

**ВЛИЯНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ДРЕВЕСИНЫ НА ПРОЧНОСТЬ СКЛЕИВАНИЯ**

© *В.И. Мелехов, д-р техн. наук, проф.*

*Н.С. Рудная, ст. преп.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, 163002; тел.: 8(8182) 21-61-68

Склеивание древесины является перспективным направлением повышения эффективности ее использования. Клееная древесина применяется в строительстве, судо- и автомобилестроении, производстве мебели и др. Черновые заготовки из древесины, полученные распиловкой круглыми и рамными пилами, имеют высокую начальную шероховатость поверхности древесины и невысокую точность обработки, что требует назначение больших припусков на последующую механическую обработку и сопровождается повышенным расходом материала. В статье рассмотрено влияние микрорельефа поверхности древесины (сосна, береза) на прочность клеевого соединения. Определены степень контактности сопрягаемых поверхностей древесины, толщина клеевого шва, удельное давление запрессовки, прочность склеивания для разных пород древесины (сосна, береза) с различной шероховатостью поверхности. Прочность клеевого соединения древесины возрастает с увеличением площади склеивания, поэтому склеивание поверхностей древесины с повышенной шероховатостью сопровождается увеличением фактической площади склеивания за счет смятия неровностей в зоне контакта. Толщина клеевой прослойки при склеивании древесины с повышенной шероховатостью находится в пределах норм для склеивания на гладкую фугу. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что повышение эффективности использования древесины может быть достигнуто снижением припусков на первичную механическую обработку в исходных материалах и заготовках с высокой первичной шероховатостью поверхности за счет исключения операций фрезерования при подготовке их к склеиванию. Результаты исследований подтверждают эффективность склеивания древесины с повышенной шероховатостью поверхности после распиловки рамными и круглыми пилами.

*Ключевые слова:* древесина, прочность склеивания, микрорельеф, шероховатость поверхности, степень контактности, толщина клеевого шва, деформация, прессование.

Склеивание является одним из видов соединения деталей из древесины и перспективным направлением повышения эффективности ее использования, широко применяется в технологических процессах деревообработки, производстве мебели, строительстве, судо- и автомобилестроении и др.

Прочность клеевого соединения древесины определяется качеством подготовки склеиваемых поверхностей; степенью контактности сопрягаемых поверхностей древесины; толщиной клеевого шва; видом, качеством и расходом клея; породой и влажностью древесины; величиной и равномерностью распределения давления запрессовки; технологией и процессом сборки конструкции.

Основное внимание принято уделять достижению высокой степени контактности сопрягаемых поверхностей древесины. Качество подготовки поверхности древесины к склеиванию оценивается микрорельефом и шероховатостью, которые характеризуются величиной неровностей на поверхности древесины, связанных с характером их происхождения (кинематические, вибрационные, неровности разрушения и упругого восстановления анатомических элементов материала), механическим повреждением волокон, ворсистостью и мшистостью, точностью механической обработки поверхностей древесины, а также особенностями ее макростроения.

Требуемая высокая точность обработки поверхности заготовок из древесины разных пород с чистотой обрабатываемой поверхности до 200 мкм обеспечивается цилиндрическим фрезерованием. Припуск определяется нормативами, в отдельных случаях припуск на фрезерование достигает 20...30 % от номинального размера заготовки, что приводит к повышенному расходу материала. Припуски на обработку заготовок из древесины возрастают с увеличением длины, номинальной ширины и толщины деталей [2].

Черновые заготовки из древесины, полученные распиловкой круглыми и рамными пилами, имеют высокую начальную шероховатость поверхности древесины и невысокую точность обработки (отклонение линейных размеров от номинального значения), что требует назначение больших припусков на последующую механическую обработку.

После распиловки круглыми пилами шероховатость поверхности древесины составляет 40...800 мкм, после рамной распиловки – 500...1600 мкм для хвойных и 315...1000 мкм для лиственных пород [3].

Расход древесины при склеивании может быть снижен, если не назначать припусков на механическую обработку и склеивать древесину с большой степенью шероховатости сопрягаемых поверхностей.

В технической литературе имеются фрагментарные неоднозначные сведения по результатам проведенных исследований в этом направлении, но не раскрывается суть процесса склеивания древесины с большой шероховатостью поверхности. Некоторые авторы не рекомендуют склеивать древесину после рамной распиловки с шероховатостью поверхности 400 мкм и более из-за низкой прочности склеивания, большого расхода связующего, разнотолщинности клеевого шва, низкой адгезии клея к древесине, большой его усадки. Другие придерживаются противоположной оценки. Приведенные результаты по склеиванию образцов из древесины лиственницы (образцы шириной 300 мм), полученных при распиловке круглыми пилами, удельном давлении прессования 1,2 МПа, показали, что прочность склеивания образцов с такой шероховатостью вполне удовлетворительна [4].

Э.Р. Янсон отмечает [7], что высокая прочность склеивания может быть достигнута при склеивании древесины с шероховатостью поверхности как 34...84 мкм, так и 400...600 мкм для большинства пород древесины.

Таким образом, наличие противоречий в оценке влияния шероховатости поверхности не позволяет сделать однозначного научно обоснованного вывода и требует проведения дополнительных исследований.

Одно из направлений подготовки к склеиванию поверхности древесины с большой шероховатостью – уменьшение микронеровностей элементов поверхности, полученных деформированием древесины за счет прессования при склеивании. Этот метод силового воздействия на поверхность древесины видоизменяет микрорельеф поверхности с учетом ее пластических свойств. Деформация вершин неровностей поверхностного слоя древесины при прессовании связана с приложенной нагрузкой и определяется упруго-пластическими свойствами материала (рис. 1) [6].

По направлению приложения усилия прессования можно рассматривать как плоское одноосное.

В начальный момент прессования вершины неровностей контактируемых поверхностей древесины, пришедшие в соприкосновение друг с другом, находятся в стадии упругой деформации сжатия клеточной структуры. Степень упрессовки  $\varepsilon \approx 6\%$ .

Во второй фазе прессования тонкие стенки клеток древесины в зоне контакта разрушаются, и наступает стадия пластической деформации при  $\varepsilon = 6...30\%$ .

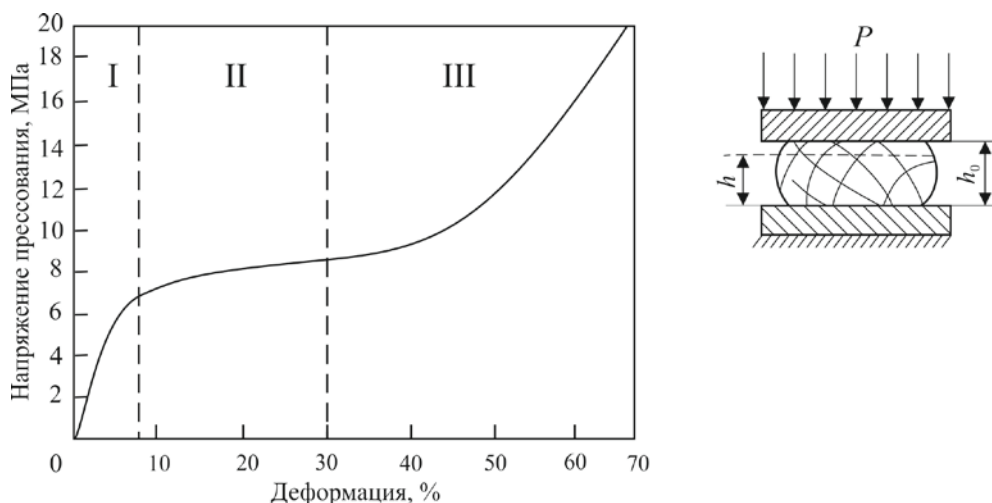


Рис. 1. Зависимость деформации от напряжений при плоском прессовании древесины (I–III – фазы деформации;  $P$  – приложенная нагрузка;  $h_0$  – исходная толщина образца;  $h$  – толщина образца после деформации)

В третьей фазе – при увеличении  $\varepsilon$  до 40 % – разрушаются более толстые стенки клеток древесины, вследствие чего происходит уплотнение полостей клеток, деформированных во второй фазе.

Рассматривая задачу о контактировании поверхностей древесины, можно предположить, что в начальный момент прессования сопрягаемые поверхности древесины будут иметь небольшую фактическую площадь контакта. По мере увеличения приложенной нагрузки площадь контакта увеличивается за счет деформации вершин выступов элементов поверхности древесины. Пластифицированная часть микровыступа древесины будет увеличиваться в объеме и разрушаться. Пятно контакта на вершине выступа увеличится, а пластифицированная часть древесины выступа при этом будет стремиться к заполнению объема смежной впадины поверхности, в результате чего достигается наиболее полное (до 95 %) контактирование сопрягаемых поверхностей древесины (рис. 2).

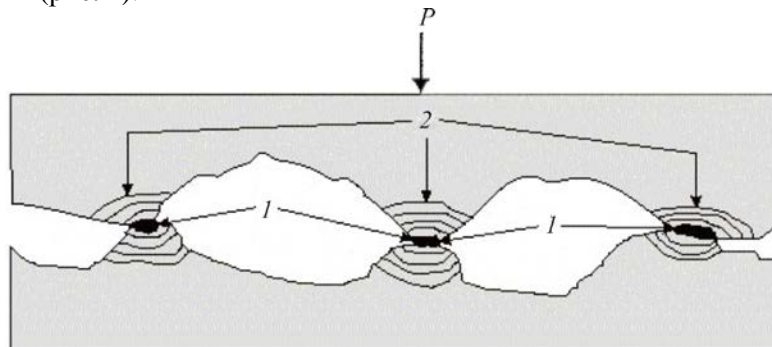


Рис. 2. Упругая деформация и пластическое течение древесины в местах контакта сопрягаемых поверхностей: 1 – зона пластической деформации; 2 – зона упругой деформации ( $P$  – приложенная нагрузка)

Однако это не означает, что контактное поле будет абсолютно плоским, оно определяется рельефом первоначального состояния сопрягаемых поверхностей и величиной неровностей на поверхности древесины. После деформации всех неровностей на поверхности древесины площадь контакта станет наибольшей. При дальнейшем увеличении давления прессования начинается процесс деструкции массива древесины в предповерхностном слое и могут образоваться дефекты (трещины, расслоение, смещение по годичному слою).

Цель наших исследований по повышению эффективности применения древесины с повышенной шероховатостью для склеивания – установление степени контактности сопрягаемых поверхностей древесины, толщины клеявого шва, расхода связующего и прочности склеивания при различных давлениях запрессовки.



Исследования проводили на образцах из древесины сосны и березы с различной степенью шероховатости поверхности, полученной в процессе пиления рамными и круглыми пилами. Влажность древесины 6...8 %. При этом было установлено, что степень контактирования сопрягаемых поверхностей древесины связана с шероховатостью поверхности (вид обработки – распиловка), породой древесины и удельным давлением при запрессовке. Результаты исследований представлены в табл. 1 – 3.

Таблица 1

Вид распиловки	Удельное давление прессования, МПа, в зависимости от степени контактности заготовок, %		
	50	75	95
Круглой пилой с разводом зубьев	1,56/2,72	1,95/3,70	2,33/4,47
Рамная	1,56/3,11	1,95/4,09	2,72/4,67

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, 3, в числителе приведены данные для древесины сосны, в знаменателе – для березы.

Влияние вида обработки, связующего и породы древесины на толщину клеевого шва и предел прочности древесины при скалывании приведено в табл. 2 и 3.

Влияние удельного давления при запрессовке на прочность клеевого соединения тесно связано с чистотой обработки поверхности древесины [3].

Таблица 2

Вид распиловки	Клей	Толщина клеевого шва*, мм, в зависимости от степени контактности заготовок, %		
		50	75	95
Рамная	Эпоксидный	0,361/0,283	0,321/0,269	0,196/0,199
	Поливинилацетатный (ПВА)	0,289/0,263	0,263/0,228	0,204/0,195
Круглой пилой с разводом зубьев	Эпоксидный	0,287/0,266	0,232/0,206	0,180/0,172
	ПВА	0,250/0,222	0,224/0,184	0,188/0,127

\* Усредненные показатели.

Таблица 3

Вид распиловки	Клей	Предел прочности клееной древесины при скалывании вдоль волокон*, МПа, в зависимости от степени контактности заготовок, %		
		50	75	95
Рамная	Эпоксидный	6,48/10,6	7,04/8,47	6,81/13,71
	ПВА	6,15/7,58	6,90/7,57	7,17/7,61
Круглой пилой с разводом зубьев	Эпоксидный	7,97/8,54	8,24/10,84	8,52/10,96
	ПВА	7,16/9,59	7,60/9,65	8,02/8,96

\* Усредненные показатели.

Специальных испытаний по определению прочности склеенной древесины на скалывание вдоль волокон (ГОСТ 15613.1–84) для образцов с фрезерованной поверхностью не проводили, основываясь на нормативных значениях прочности склеивания при испытании таких образцов. Предел прочности при скалывании древесины по клеевому слою для карбамидоформальдегидных (ГОСТ 14231), фенолформальдегидных (ГОСТ 20907), поливинилацетатных (ГОСТ 18992), эпоксидных (ГОСТ 10587) смол и клеев составляет не менее 6 МПа.

Толщину клеевого шва определяли на установке «Измеритель» (рис. 3) по специальной методике [1].

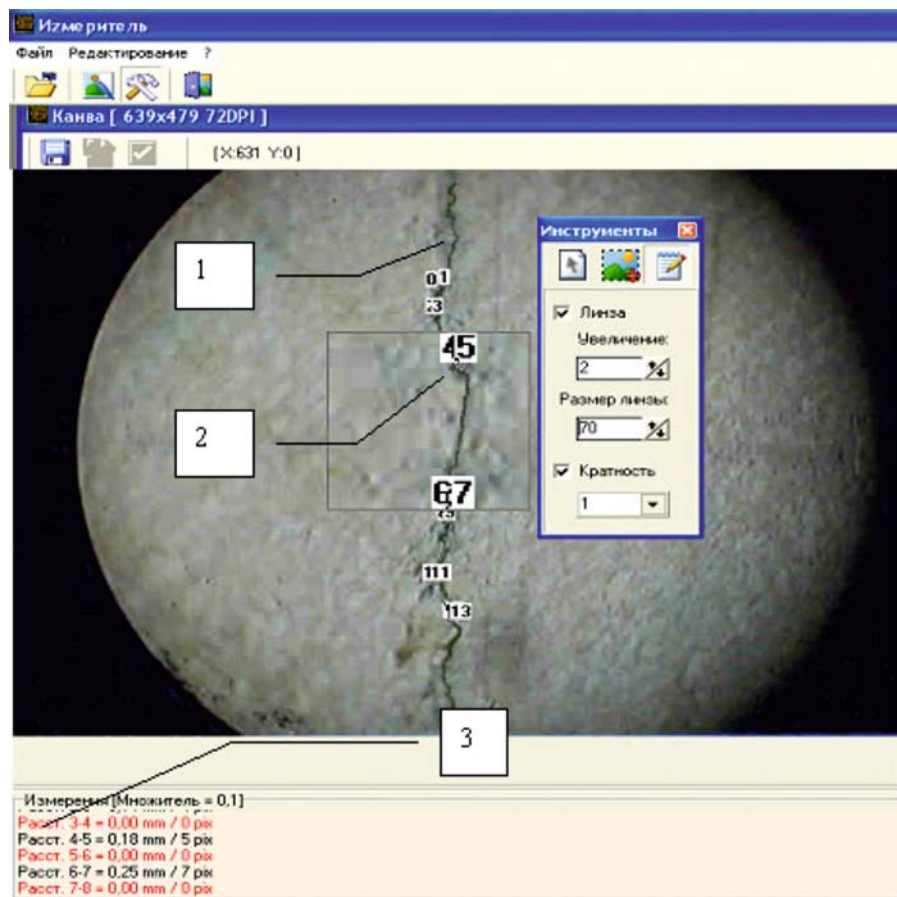


Рис. 3. Клеевой шов (увеличение –  $\times 8$ ): 1 – клеевой шов; 2 – точки (4, 5 и 6, 7) на границе клеевого шва; 3 – толщина клеевого шва (расстояние между точками 4 и 5; порода древесины – береза; вид обработки – рамная распиловка; клей – ПВА; степень контактности сопрягаемых поверхностей – 95 %)

В связующее для придания клеевому шву контрастности вводили краситель: в ПВА – акриловый зеленого цвета, в эпоксидный – порошок коричневого цвета.

Толщина клеевой прослойки зависит от свойств склеиваемых материалов, микрогеометрии их поверхности, упруговязких свойств и адгезии клея. Толщина клеевого слоя 0,2...0,3 мм обеспечивает высокую прочность клеевого соединения [5].

В результате проведенных исследований установлено, что толщина клеевого шва при степени контактирования поверхностей древесины 75 % уменьшилась на 10...20 %, при степени контактирования 95 % – на 30...45 % по сравнению с толщиной клеевого шва при 50 %-й степени контактности (см. табл. 2). Толщина клеевой прослойки при степени контактности сопрягаемых поверхностей древесины 95 % (склеивание как сосны, так и березы) после усреднения показателей составила 0,127...0,199 мм (табл. 2).

Функциональные зависимости, характеризующие связь между пределом прочности клеевого соединения и степенью контактирования сопрягаемых поверхностей для древесины сосны и березы представлены на рис. 4, 5.

Прочность клеевого соединения древесины возрастает с увеличением площади склеивания, поэтому склеивание поверхностей древесины с повышенной шероховатостью сопровождается увеличением фактической площади склеивания за счет смятия неровностей в зоне контакта.

При испытании на скалывание вдоль волокон образцов склеенной древесины (ГОСТ 15613.1), доведенных до разрушения клеевого соединения, установлено, что независимо от характеристики поверхности склеивания (микрорельефа) образца и вида клея образцы в 50 % случаев разрушались по древесине, в 40 % – по древесине–клею (смешанный характер разрушения), в 10 % – по клеевому шву.

Взаимосвязи между толщиной клеевого шва, породой древесины и прочностью склеивания от степени контактности сопрягаемых поверхностей древесины представлены на рис. 6.

Таким образом, полученные нами результаты позволяют сделать вывод о том, что повышение эффективности использования древесины может быть достигнуто за счет снижения припусков на первичную механическую обработку в исходных материалах и заготовках, исключения операций фрезерования при склеивании заготовок с высокой первичной шероховатостью поверхности.

Степень контактности сопрягаемых поверхностей при склеивании древесины сосны с повышенной шероховатостью может достигать 95 % при удельном давлении 2,33 ... 2,72 МПа, для березы – 4,47 ... 4,67 МПа. Увеличение удельного давления выше приведенных в табл. 1 значений может повлечь деструкцию массива древесины.

Толщина клеевой прослойки при склеивании древесины с повышенной шероховатостью находится в пределах норм для склеивания на гладкую

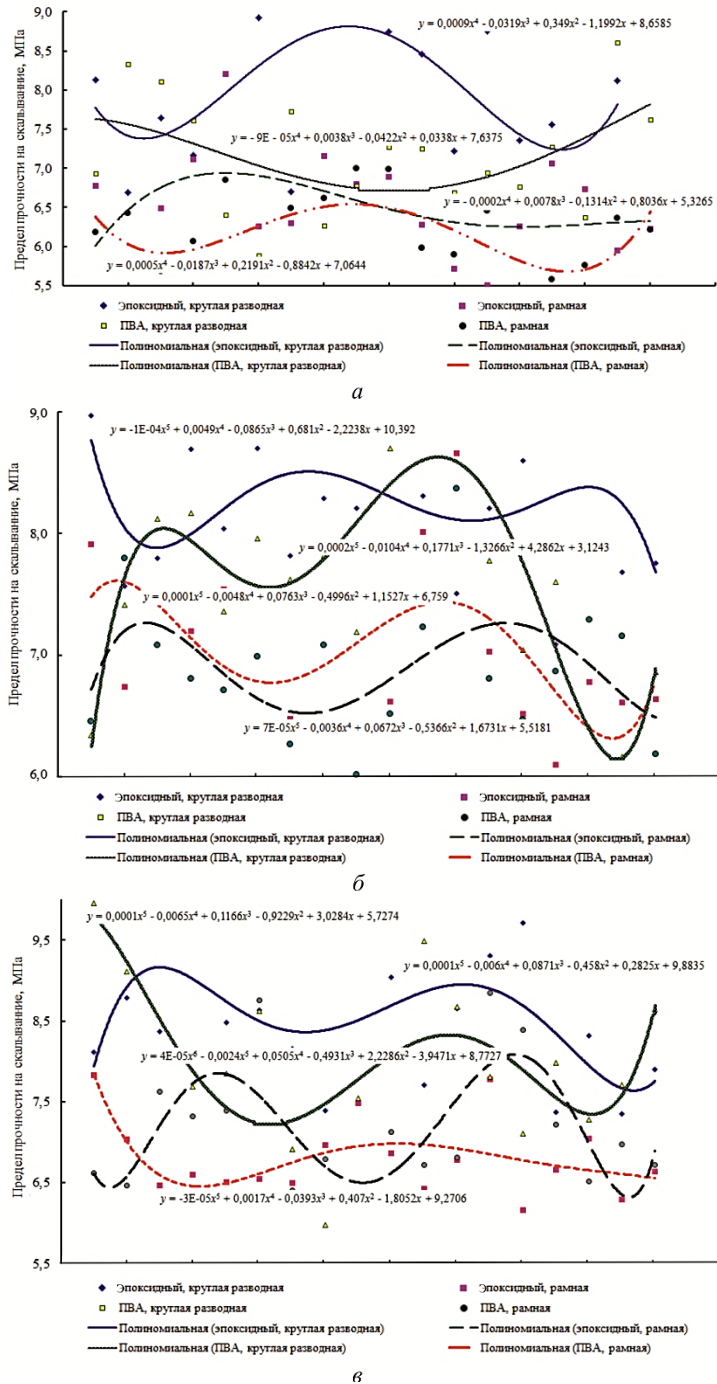


Рис. 4. Зависимость предела прочности клевого соединения на скалывание вдоль волокон древесины сосны от степени контактно-сти сопрягаемых поверхностей: а – 50 %; б – 75; в – 95 %

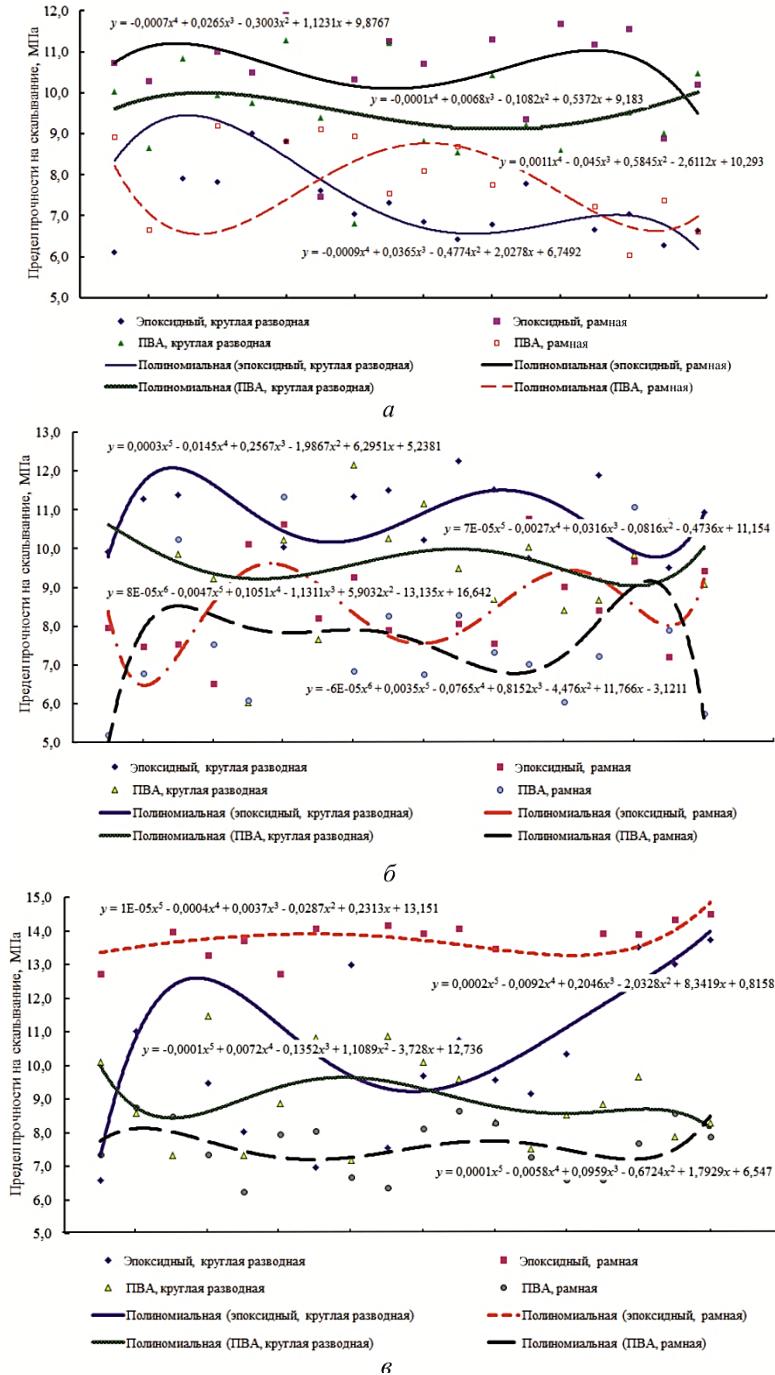


Рис. 5. Зависимость предела прочности клевого соединения на скалывание вдоль волокон древесины березы от степени контактности сопрягаемых поверхностей: а – 50 %; б – 75; в – 95 %

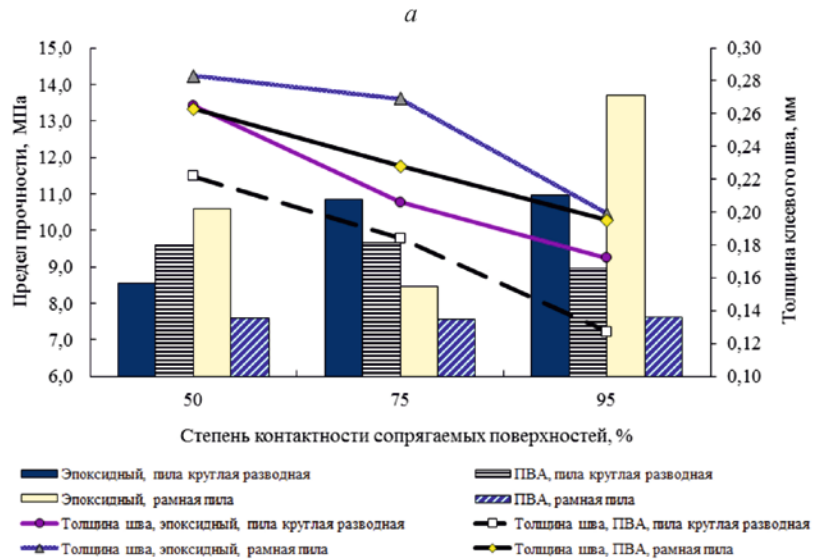
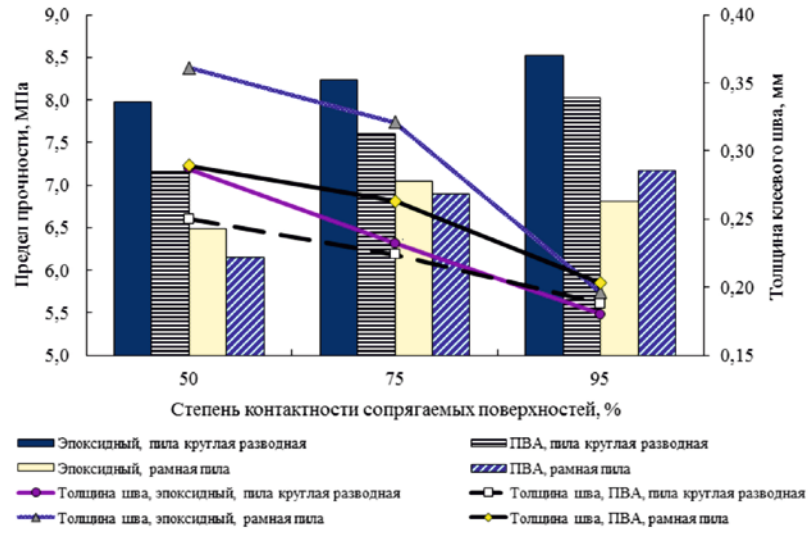


Рис. 6. Зависимость предела прочности склеивания и толщины клевого шва от степени контактности сопрягаемых поверхностей древесины сосны (а) и березы (б)

фугу. При степени контактности сопрягаемых поверхностей древесины 95 % толщина клевого шва не превышает 0,2 мм.

Прочность клевого соединения древесины (береза, сосна) с повышенной шероховатостью поверхности составляет 6,15...13,71 МПа.

Таким образом, результаты исследований подтверждают эффективность склеивания древесины с повышенной шероховатостью поверхности после распиловки рамными и круглыми пилами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А.М., Бабич Н.А., Коновалов Д.Ю., Мелехов В.И., Мосеев А.Л. Дигитальный метод изучения строения древесины // Лесн. журн. 2007. № 2. С. 123–128. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Бахтеяров В.Д. Пути повышения выхода продукции из древесины и рациональное использование отходов: обзор. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1977. 54 с.
3. Буглай Б.М. Исследование и нормализация чистоты поверхности древесины: дис. ... д-ра техн. наук: М., 1957. 356 с.
4. Гончаров Н.А., Чубинская Т.В. Подготовка поверхности древесины к склеиванию // Деревообраб. пром-сть. 1980. № 9. С. 4, 5.
5. Ковальчук Л.М. Технология склеивания. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 208 с.
6. Хухрянский П.Н. Прессование древесины. 3-е изд. испр. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 351 с.
7. Янсон Э.Р. Влияние качества поверхности на процесс склеивания. М.: Деревообраб. пром-сть, 1957. № 6. С. 9–11.

Поступила 06.11.13

УДК 674.028.9

#### The Influence of Wood Surface Microrelief on the Bond Quality

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

*N.S. Rudnaya, Teaching Assistant*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; Ph.: +7 (8182) 21-61-68

The agglutination has great potential to increase wood using efficiency. The glued wood is widely used in construction, ship-building, furniture production, automobile construction and so on. Rough-sawn stocks sawed by buzz or gang saws have rather high initial roughness and low working accuracy. It requires generous overlength for the future mechanical adaptation and increases consumption of materials. The paper considers the influence of wood surface microrelief to the bond quality. The contact degree of joint faces of wood, the thickness of glue line, the unit pressure of assembly, bond quality for different wood species with various roughness of surface is determined. The bond quality increases if the gluing area grows. Therefore the gluing of the wood surfaces with raised roughness is accompanied with the real increasing of the gluing area due to the collapse of the getting-out of alignments in the contact zones. The glue line thickness of the bonded wood with raised roughness is located within the limits of the standard of the assembly at the glib joint. It is concluded that the increasing of wood using efficiency may be attained by decreasing of overlength for the primary mechanical adaptation in raw materials and rough-sawn stocks with high initial roughness due to excluding of milling operations at the stage of their preparation

for gluing. The results of investigation confirm the efficiency of wood with raised roughness after re-sawing by buzz or gang saws.

*Keywords:* wood, bond quality, microrelief, surface roughness, contact degree, thickness of glue line, deformation, assembly.

#### REFERENCES

1. Antonov A.M., Babich N.A., Konovalov D.Yu., Melekhov V.I., Moseev A.L. Digital'nyj metod izuchenija stroenija drevesiny [Digital Method of Exploration of Wood Structure]. *Izv. vissh. ucheb. zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 2007, no. 2, pp. 123-128.
  2. Bahteyarov V.D. *Puti povysheniya vyhoda produkcii iz drevesiny i racional'noe ispol'zovanie othodov* [The Ways of Wood Outcome Increasing and Efficient Waste Using]. Moscow, 1977, 54 p.
  3. Buglay B.M. *Issledovanie i normalizacija chistoty poverhnosti drevesiny: dis. ...dok. tehn. nauk.* [Researching and Normalization of Wood Surfaces Cleanliness: Dr. Eng. Sci. Diss.]. Moscow, 1957. 356 p.
  4. Goncharov N.A., Chubinskaya T.V. *Podgotovka poverhnosti drevesiny k skleivaniju* [Wood Surface Preparation for Gluing]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost*, 1980, no. 9, pp. 4-5.
  5. Kovalchuk L.M. *Tehnologija skleivaniya* [Technology of Gluing]. Moscow, 1972. 208 p.
  6. Huhryanskiy P.N. *Pressovanie drevesiny* [Wood Pressing]. Moscow, 1964. 351 p.
  7. Yanson E. R. *Vlijanie kachestva poverhnosti na process skleivaniya* [The Influence of the Surface Quality on Gluing]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost*, 1957, no. 6, pp.9-11.
-



УДК 674.81

## РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛА И СТРУКТУРЫ ДВУТАВРА ИЗ АРМИРОВАННОГО ДРЕВЕСНОГО ПЛАСТИКА

© *А.Н. Екименко<sup>1</sup>, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.*

*А.С. Неверов<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф.*

<sup>1</sup>Институт инновационных исследований, ул. Карповича, 5/18, г. Гомель, Республика Беларусь, 246017; e-mail: a.ekimenko@beloil.by

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет транспорта, ул. Кирова, 34, г. Гомель, Республика Беларусь, 246653; тел.: (0232) 95–39–32

Рассматривается эффективность использования древесно-полимерной пресс-композиции, комбинированно армированной рубленым стекловолокном и углеродным графитизированным волокном для изготовления композиционного двутавра новым способом плунжерной экструзии, позволяющим непосредственно в процессе формирования изделия армировать его вдоль по контуру средней линии сечения непрерывными струнами в виде шпагата из высокопрочных материалов с натяжением до 60...90 % их прочности на разрыв. Исследована эффективность модификации фенолформальдегидной смолы кремнийорганическим полимером для повышения смазывающей способности составного связующего по отношению к армирующим волокнам и ударной вязкости композита, а также его экологичности при переработке. Разработан состав термореактивной древесно-полимерной пресс-композиции, отличающейся повышенной ударной вязкостью, водо- и химстойкостью, сопротивлением усталости. Исследованы физико-механические свойства двутавров, изготовленных из нового композита оригинальным методом плунжерной экструзии. Учитывая, что жесткость нового композиционного материала превышает аналогичный показатель для прямослойной цельной древесины сосны 1-го сорта, а также то, что композиционный двутавр из него имеет существенно меньшую себестоимость и более высокую атмосферостойкость по сравнению с брусьями или клееными двутавровыми балками из прямослойной древесины, представляется перспективным использовать его для широкого применения в фермных конструкциях с повышенными требованиями к прочности и долговечности. Существенное снижение стоимости композиционных балок может быть достигнуто за счет применения доступного и дешевого сырья: измельченных отходов древесины, отходов стеклянных и углеродных волокон химических производств в виде путанки, которые в настоящее время практически не вовлекаются повторно в производство и не утилизируются, являясь источником экологического загрязнения.

*Ключевые слова:* армированный древесный композит, двутавровая балка, плунжерная экструзия, комбинированное армирование.

В начале 90-х годов XX в. в США и Канаде появились компании, производящие фермные конструкции, в которых вместо традиционных брусьев из цельной древесины или металлических профилей и двутавров использовались двутавровые балки из древесных пластиков [4, 5]. Причем ребра жесткости в них выполняли из МДФ (древесноволокнистой плиты средней плотности – MDF) или цельной древесины, перегородку – из плит OSB (рис. 1, а).

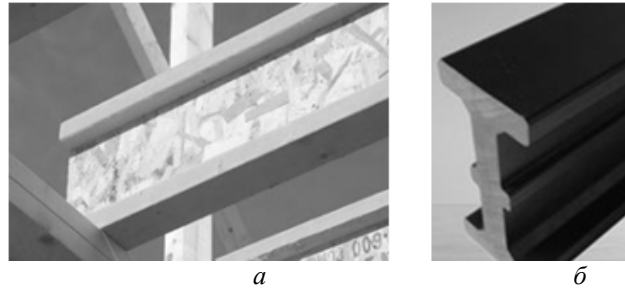


Рис. 1. Балки двутаврового профиля из древесного пластика: *а* – комбинированная конструкция (ребра жесткости из цельной древесины, перегородка из плиты OSB); *б* – балка из неармированного древесно-полимерного композита

Балка двутаврового профиля прочнее балки квадратного профиля аналогичной площади сечения. Кроме того, применение двутавровых балок позволяет минимизировать деформации конструкции вследствие усадки и сдвига, практически исключив ее скрип.

Предпосылкой подобного технического решения стало стремление снизить стоимость конструкции фермы, поскольку брусья из цельной прямослойной древесины 1-го сорта (без сучков и других пороков) или металлические профили достаточно дорогие материалы. Добившись существенного (в несколько раз) снижения стоимости ферм, производители столкнулись с увеличением трудоемкости изготовления, усложнением конструкции, ростом числа промежуточных силовых элементов.

Дело в том, что в силу недостаточно высокой прочности двутавров из древесных композитов длина пролета фермы значительно сокращается (по сравнению с использованием традиционных материалов) и возникает необходимость в дополнительном усилении конструкции. Стандартным решением стало использование металлических соединительных пластин (рис. 2, *а*), профилей и их сочетаний (рис. 2, *б*).

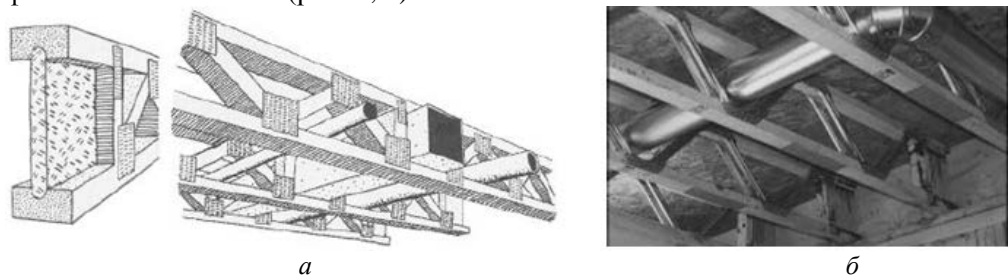


Рис. 2. Конструкции ферм с использованием двутавров из древесного пластика: *а* – соединение конструкции металлическими пластинами (вид с разных сторон); *б* – комбинированное соединение

В дальнейшем направление исследований было в основном сосредоточено на оптимизации формы и геометрии пролетов и соединении их в единую конструкцию. В плане развития конструкции и структуры балки из древесного композита было предложено использовать конструкции, экструдированные из термопластичный древесно-полимерных композиций (см. рис. 1, б). Однако прочность таких балок была существенно ниже, чем у традиционных из цельной древесины и металлических профилей или комбинированных.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

В рамках работ по развитию технологии производства длинномерных изделий из армированных древесных композитов были проведены исследования по разработке конструкции, структуры и материала для композиционного двутавра, обладающего прочностью на изгиб, сравнимой с брусом (аналогичной ширины и высоты) из цельной прямослойной древесины 1-го сорта, но отличающегося от него повышенной термо- и влагостойкостью, устойчивостью к гниению.

Естественным конструктивным решением нам представляется разработка структуры двутавра на основе древесного композита, армированного рубленым стекловолокном и дополнительно армированного вдоль оси изделия непрерывными натянутыми струнными элементами.

Ранее нами был разработан способ плунжерной экструзии, позволяющий непосредственно в процессе изготовления изделий производить их армирование вдоль по контуру средней линии сечения напряженными струнными элементами из высокопрочного стекловолоконного или арселенового шпагата диаметром 2,5...3,0 мм. Отличительной особенностью способа является использование предварительного натяжения струнных элементов до 60...90 % их разрывной прочности, что позволяет сформировать в структуре материала локальные области с напряжением сжатия (вокруг струн) и обеспечить строгую ориентацию струн в изделии.

Локальные области с предварительным напряжением сжатия формируются после отверждения изделия, когда сила предварительного натяжения освобожденных струн передается окружающему материалу, в результате чего он оказывается сжатым. Благодаря такому преднапряжению сжатия возможна частичная или полная компенсация растягивающих напряжений – в процессе эксплуатации изделие будет иметь меньший прогиб и повышенную трещиностойкость.

Учитывая высокую удельную прочность арселенового или стекловолоконного шпагата, при его размещении в структуре двутавра из древесного композита теоретически возможно получить конструкцию, сравнимую по прочности с деревянным брусом. В результате, использование двутавра, армированного вдоль длины непрерывными параллельными струнами из стекловолоконного или арселенового шпагата, позволит перекрывать большие пролеты при равном сечении по сравнению с традиционными элементами.

Как показал опыт эксплуатации термореактивных древесных пластиков, армированных стекловолокном, вследствие длительного воздействия влаги и УФ-излучения возможна существенная деградация механических свойств древесного наполнителя и полимера матрицы [6].

В этой связи нами были проведены исследования, целью которых было определение влияния вида полимера связующего на сопротивление усталости образцов древесного композита.

Испытывали прямоугольные образцы (брусочки) размером 200×300×70 мм, изготовленные прессованием из пресс-массы, содержащей, мас. %: измельченной древесины – 56...58, полимера связующего – 27...29, рубленого стекловолокна длиной 20...27 мм – 12, целевых добавок (в зависимости от вида связующего) – остальное. Испытывали пары склеенных внахлест со смещением по высоте брусочков. Высота смещения составляла 60 мм. Нижний брусочек закрепляли в кронштейне, причем его нижний торец опирался на упор. К верхнему торцу верхнего брусочка прилагали давление и регистрировали его значение, при котором происходило нарушение клеевого соединения. Для имитации естественного старения пластика часть образцов подвергали ускоренному старению (1000 циклов вакуумирование (5 мин) – выдержка под давлением (12 МПа в течение 3 мин) – вымачивание (2 ч при температуре 20 °С) – сушка (25 мин при 60 °С). Испытывали как исходные образцы, высушенные до влажности 12%, так и ускоренно состаренные. Результаты испытаний представлены в таблице.

#### Результаты испытаний на сдвиг склеенных образцов древесного пластика

Связующее (марка)	Ускоренно состаренные образцы		Исходные сухие образцы		Степень сохранения механической прочности, %
	напряжение сдвига, МПа	% разрушен- ных древес- ных волокон	напряжение сдвига, МПа	% разрушен- ных древес- ных волокон	
Бакелитовый лак (ЛБС-3)	18,7	24	19,0	6	98
Резорцин- формальдегидная смола (ФР-12)	10,9	1	19,4	0	56
Фенолрезорцин- формальдегидная смола (G4411)	12,1	0	18,4	1	66
Смесь карбамидной (КФ-МТ) и меламин- формальдегидной (К-421-02) смол в соот- ношении 1,2:1,0	13,8	18	18,7	5	74
Эпоксидная смола (ЭД-20)	11,2	2	22,1	49	51

Как видно из таблицы, при использовании фенолформальдегидного связующего обеспечивается наибольшее (98 %) сохранение свойств клеевой прослойки. В то же время в образцах с такой матрицей наблюдалось значительное повреждение древесных волокон, что можно объяснить разрушающим действием кислотной среды на древесину. Дело в том, что при длительной эксплуатации в условиях повышенной влажности и при слабокислой реакции среды, обусловленной присутствием остатка кислотного катализатора фенолформальдегидных смол (ФФС), наблюдается постепенный гидролиз наиболее уязвимой части древесных волокон – аморфной гемицеллюлозы [2].

Таким образом, по совокупности факторов (стоимость полимера связующего – длительная механическая прочность клеевой прослойки) оптимальным полимером в качестве исходного компонента для матрицы древесного пластика нами была принята ФФС. Но, поскольку немодифицированная ФФС обладает недостаточной адгезией к стеклянному бесщелочному волокну (в исходном состоянии покрытому замасливателем), а также в отвержденном состоянии имеет достаточно низкую ударную вязкость (6...8 кДж/м<sup>2</sup>), необходимо определить способ модификации смолы для достижения требуемых свойств.

В качестве аппретов стекловолокна, повышающих его смачиваемость смолой, эффективны силаны, имеющие следующую общую формулу [3]:



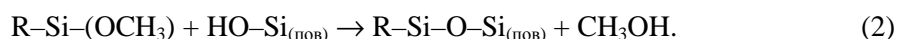
где R – оргонофункциональная группа;

X<sub>3</sub> – гидролизуемая функциональная группа, по которой происходит химическое взаимодействие с поверхностью стекловолокна.

Совместимость аппрета со смолой зависит от типа радикала R в аппрете.

В качестве добавки к ФФС была выбрана кремнийорганическая смола К-9Б (продукт конденсации метилсилантриола с фенилсилантриолом), в данном случае выполняющая роль как аппрета стекловолокна, так и модифицирующей добавки, повышающей эластичность матрицы и снижающей содержание свободного фенола и формальдегида в отвержденном связующем. Последнее достигается за счет существенного повышения степени конденсации составного связующего.

Благодаря хорошей совместимости смолы К-9Б как с бакелитовыми лаками, принятыми в качестве основы связующего, так и со стекловолокном, технология аппретирования отличалась от общепринятой: вместо отдельной обработки волокон аппретом и последующего смешения их со связующим использовали непосредственное смешение волокон с составным связующим (бакелитовый лак ЛБС-3 со смолой К-9Б в соотношении 3:1). При этом кремнийорганическая группа смолы вступала в реакцию с гидроксильными группами на поверхности стеклянных волокон, образуя химическую связь с повышенной адгезионной прочностью и стойкостью в агрессивных средах и воде:



При отверждении модифицированного связующего фенильная группа смолы К-9Б реагировала с ФФС с образованием прочной химической связи, отличающейся повышенной эластичностью и термостойкостью, что в целом повышало термостойкость и ударную вязкость матрицы. При этом на поверхности стекловолокна формировалась пленка, характеризующаяся развитой поверхностью (рис. 3, *a*) и имеющая полную поверхностную энергию не менее  $68 \text{ мДж/м}^2$ , в том числе полярных и дисперсионных составляющих – не менее  $50$  и  $17 \text{ мДж/м}^2$  соответственно, что свидетельствует о ее высоких контактных свойствах. Микроскопические исследования, проведенные с помощью растрового электронного микроскопа, показали, что область контакта между волокном и матрицей характеризуется плотным соприкосновением поверхностей и отсутствием трещин и зазоров (рис. 3, *б*).

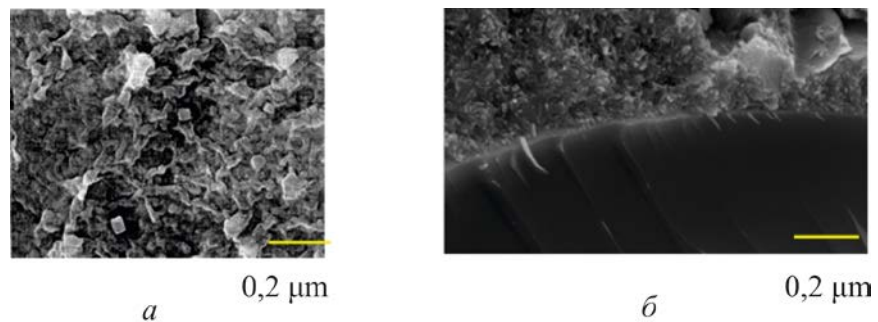


Рис. 3. Микрофотографии стеклянного волокна, обработанного ФФС, модифицированной кремнийорганической смолой К-9Б: *a* – поверхность волокна; *б* – граница раздела между волокном и матрицей

Для определения эффективности дополнительного армирования древесного композита непрерывными струнными элементами нами были проведены испытания на прогиб образцов армированных двутавров длиной  $l = 2$  м, шириной  $b = 70$  мм, высотой  $h = 80$  мм, толщина полки и перегородки  $t_w = 20$  мм (рис. 4).

В качестве сравниваемого критерия был выбран модуль упругости. Поскольку целью исследований является сравнительная эффективность метода непрерывного армирования, был выбран наименее затратный инструментально и по времени алгоритм оценки: получить аналитическое выражение, связывающее искомый модуль упругости материала с параметрами его геометрии (момент инерции), приложенной нагрузкой и величиной прогиба от этой нагрузки.

Для заданной конфигурации бруса определим момент инерции в плоскости, параллельной плоскости полок (по оси  $x$ ), исходя из принципа суперпозиции (момент инерции сложной фигуры равен сумме моментов инерции составляющих ее простых фигур [1]):

момент инерции ( $I_A, \text{см}^4$ ) прямоугольника А (рис. 4, *a*):

$$I_A = bh^3 / 12 ; \quad (3)$$

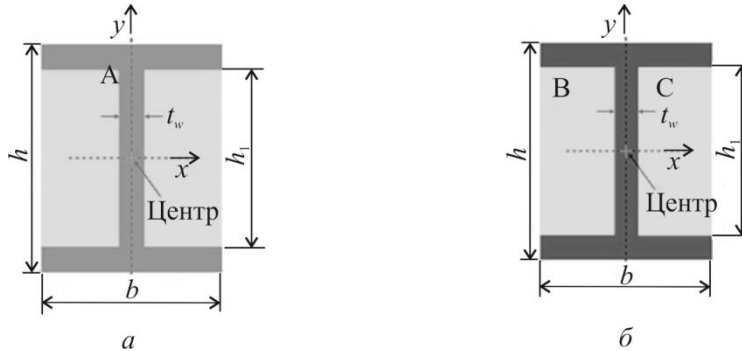


Рис. 4. Сечение образца двутавра из древесного пластика: *a* – прямоугольник А, *б* – прямоугольники В и С; *b* – ширина полки по оси *x*; *h* – высота двутавра по оси *y*; *t<sub>w</sub>* – толщина перегородки; *h<sub>1</sub>* – высота стенки

моменты инерции прямоугольников В и С:

$$I_B = I_C = \left( \frac{b - t_w}{2} \right) h_1^3 / 12. \quad (4)$$

Тогда искомый момент инерции двутавра

$$I = I_A - 2I_B = \left( bh^3 - 2 \frac{b - t_w}{2} h_1^3 \right) / 12 = 272 \text{ см}^4. \quad (5)$$

Испытывали образцы, комбинированно армированные рубленым стекловолокном и углеродным графитизированным волокном, и образцы из пресс-композиции аналогичного состава, но дополнительно армированные непрерывными струнами из арселонового шпагата диаметром 3 мм, которые размещали вдоль по контуру средней линии сечения двутавра (расстояние между струнами – 8 мм).

Состав пресс-композиции, мас %: измельченная древесина – 58; бакелитовый лак ЛБС-3, модифицированный кремнийорганической смолой К-9Б в соотношении 3:1 – 27; стеклянного бесщелочного волокна длиной 21...27 мм – 9; углеродного графитизированного волокна длиной 17...21 мм – 3; поливинилбутирала – 0,9; смеси гексаметилентетрамина с хлористой медью – 0,6; окиси хрома – 0,2; стеарата алюминия – 1; мочевины – 0,3.

Каждый испытываемый образец размещали горизонтально, один его конец жестко закрепляли в кронштейне, другой свободно опирали на упор. К центру тяжести образца прилагали нагрузку 120 кг и регистрировали прогиб балки. Для балок с дополнительным армированием прогиб составил 4,7 мм, для балок без дополнительного армирования струнными элементами – 6,6 мм. Согласно [2] модуль упругости при изгибе материала образцов определяли следующим образом:

$$E = k_1 \frac{Fl^3}{48fl}, \quad (6)$$

где  $k_1$  – коэффициент перевода в систему СИ,  $k_1 = 9,81 \cdot 10^4$ ;  
 $F$  – нагрузка, приложенная к балке, кгс;  
 $f$  – прогиб, см;  
 $I$  – момент инерции, см<sup>4</sup>.

После подстановки в уравнение (6) опытных значений прогиба следует, что применение дополнительного армирования балки непрерывными струнными элементами даже при незначительном (менее 2,5 %) содержании армирующих элементов по массе относительно массы основного изделия наблюдается существенное увеличение жесткости материала (от 1,12 до 1,57 ГПа, т.е. на 41 %).

Полученная жесткость материала композиционного двутавра превышает аналогичный показатель для прямослойной цельной древесины сосны 1-го сорта (1,00...1,14 ГПа). Существенно меньшая себестоимость композиционных балок по сравнению с брусками или клееными двутавровыми балками из прямослойной древесины, а также их более высокая атмосферостойкость делает такие изделия перспективными для широкого применения в фермных конструкциях с повышенными требованиями к прочности и долговечности. Снижение стоимости композиционных балок обеспечивается использованием доступного и дешевого сырья: измельченных отходов древесины, отходов стеклянных и углеродных волокон химических производств в виде путанки, которые практически не вовлекаются повторно в производство и в настоящее время не утилизируются, являясь источником экологического загрязнения.

Сочетание в структуре древесного композита дополнительного армирования непрерывными струнными элементами с использованием кремнийорганического модификатора связующего, обеспечивающего повышение ударной прочности, термо- и водостойкости отвержденной матрицы, существенно расширяет возможности применения таких материалов. Перспективным направлением могло бы стать производство труб технологических трубопроводов (как в виде самостоятельных изделий, так и в качестве внутренней трубы многослойных труб), строительных длинномерных конструкции (балки различного профиля), досок (например, как составных частей конструкций ограждения). В дальнейшем представляется целесообразным провести более детальное исследование влияния предварительного напряжения, создаваемого в структуре древесного композита, армированного рубленым волокном, от дополнительных армирующих струнных элементов, укладываемых по средней линии сечения формируемого изделия непосредственно в процессе формирования в растянутом напряженном состоянии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. М.: Высш. шк., 2009. 560 с.
2. Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П. Химия древесины и целлюлозы. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 367 с.
3. Arkles B. Silane Coupling Agents: Connecting Across Boundaries. Gelest Inc., 2006, 60 p.
4. Engineering Components for Efficient Framing. Wood Truss Council of America (WTCA), Madison. WI, 1998.



5. *I-Joist*. The Green Building Solution. Available at: <http://www.internationalbeams.com/i-joists/>.

6. *Spaun F.D.* Reinforcement of wood with fiberglass // *Forest Products Journal*. 1981. N. 31(4). P. 26–33.

Поступила 29.11.13

УДК 674.81

### **Material and Structure of the I-Girder From the Reinforced Wood Plastic Development**

*A.N. Ekimenko*<sup>1</sup>, *Candidate of Engineering, Senior Researcher*

*A.S. Neverov*<sup>2</sup>, *Doctor of Engineering, Professor*

<sup>1</sup>Institute of Innovative Researches, Karpovicha str. 5/18, Gomel, 246017, Belarus;

e-mail: a.ekimenko@beloil.by

<sup>2</sup>Belorussian State University of Transport, Kirov str., 34, Gomel, 246653, Belarus;

ph: (0232) 95-39-32

In article the wood-plastic moulding composition structure with a combined reinforcing by glass fibers and carbon graphitized fibres is described. Efficiency of the given material for composite I-joist manufacturing new ram extrusion method, allowing directly in the time of product formation to carry out its reinforcing lengthways on an average line of section contour by strings in the form of a twine from high-strength materials, with a tension to level of 60-90 % of their breaking strength, is considered. Efficiency of phenol-formaldehyde pitches modification by poly-ogranosiloxanes regarding to increasing of moistening ability compound binding in relation to reinforcing fibres, increases of impact strength of a composite and its ecological compatibility at processing is investigated. The structure of the thermosetting wood-plastic moulding composition, with the raised impact strength, water-, chemical and fatigue resistance, is developed. Physico-mechanical properties of the I-joists, made by an original ram extrusion method from a new composite, are investigated. Considering, that rigidity of a new composite material exceeds a similar indicator for straight-grained whole section timber of a first-class pine, and also essentially smaller cost price of composite I-joist from it in comparison with bars or glued I-joists from straight-grained wood; their higher weather resistance - such products are represented perspective for wide application in truss constructions with increased requirements to strength and durability. The essential composite I-joist depreciation is provided with use of accessible and cheap raw materials: the crushed waste of wood, a waste of glass and carbon fibres from chemical manufactures in a kind of waste matches which practically are not involved in repeated manufacture and, now are not utilised, being a source of ecological pollution.

*Keywords:* reinforced wood composite, I-joist, ram extrusion, combined reinforcing.

#### REFERENCES

1. Aleksandrov A.V., Potapov V.D., Derzhavin B.P. *Soprotivlenie materialov* [Resistance of Materials]. Moscow, 2009. 560 p.

2. Nikitin V.M., Obolenskaya A.V., Shchegolev V.P. *Himija drevesiny i celljulozy* [Wood and Cellulose Chemistry]. Moscow, 1978. 367 p.

3. Arkles B. *Silane Coupling Agents: Connecting Across Boundaries*. Gelest Inc., 2006, 60 p.

4. *Engineering Components for Efficient Framing*, Wood Truss Council of America (WTCA), Madison, WI, 1998.

5. *I-Joist*, The Green Building Solution. Available at: <http://www.internationalbeams.com/i-joists/>.

6. *Spaun F.D.* Reinforcement of Wood with Fiberglass. *Forest Products Journal*, 1981, no. 31(4), pp.26-33.

УДК 674.093

## АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДЕФЕКТОСКОПИИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

© А.Е. Алексеев, д-р техн. наук, проф.

И.А. Толокнов, асп.

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

Совместное использование трехмерного и оптического сканирования поверхности необрезных пиломатериалов позволяет получить высокую точность выбора наиболее выгодного варианта их раскроя. Сканирование формы дает возможность определить максимальные размеры будущей пилопродукции и параметры обзола, оптическое сканирование отражающей способности поверхности пиломатериала – наличие и положение основных сортообразующих дефектов. Для реализации процесса дефектоскопии пиломатериалов на основе анализа формы и изображения поверхности доски необходимо разработать соответствующие алгоритмы и методы. Во-первых, определить принцип действия и функциональную схему устройства сканирования, во-вторых, на ее основе создать алгоритмы управления установкой, в-третьих, определив первичный вид данных, получаемых в процессе сканирования, приступить к разработке алгоритмов анализа. Данные сканирования предварительно необходимо привести к пригодной для дефектного анализа форме – геометрической модели и цельному изображению поверхности пиломатериала. Изображение должно быть сопоставлено с формой таким образом, чтобы для каждой точки на изображении можно было определить ее пространственные координаты на поверхности. Результатом работы стали алгоритмы дефектоскопии необрезных пиломатериалов и устройство сканирования с программным обеспечением. Описана принципиальная схема и алгоритм работы фотометрической установки сканирования формы и отражающей способности поверхности необрезных пиломатериалов. Разработаны алгоритмы построения трехмерной модели формы доски на основе получаемых от установки данных, а также алгоритмы выделения пласти и некоторых механических повреждений. Приведен метод формирования линейаризованного изображения поверхности пиломатериала, а также алгоритмы выделения основных пороков древесины. В результате выполнения описанных алгоритмов еще до начала обработки можно определить возможные варианты обработки пиломатериала, а также спрогнозировать качество будущей пилопродукции для каждого варианта. Получаемые в результате сканирования данные можно в дальнейшем использовать для разработки и проверки различных алгоритмов анализа качества пиломатериалов и сбора статистических данных.

*Ключевые слова:* дефектоскопия пиломатериалов, алгоритмизация деревопереработки, техническое зрение, трехмерное сканирование, оптическое сканирование.

Для получения высокой точности выбора наиболее выгодного варианта обрезки пиломатериалов предложено совместно использовать трехмерное и

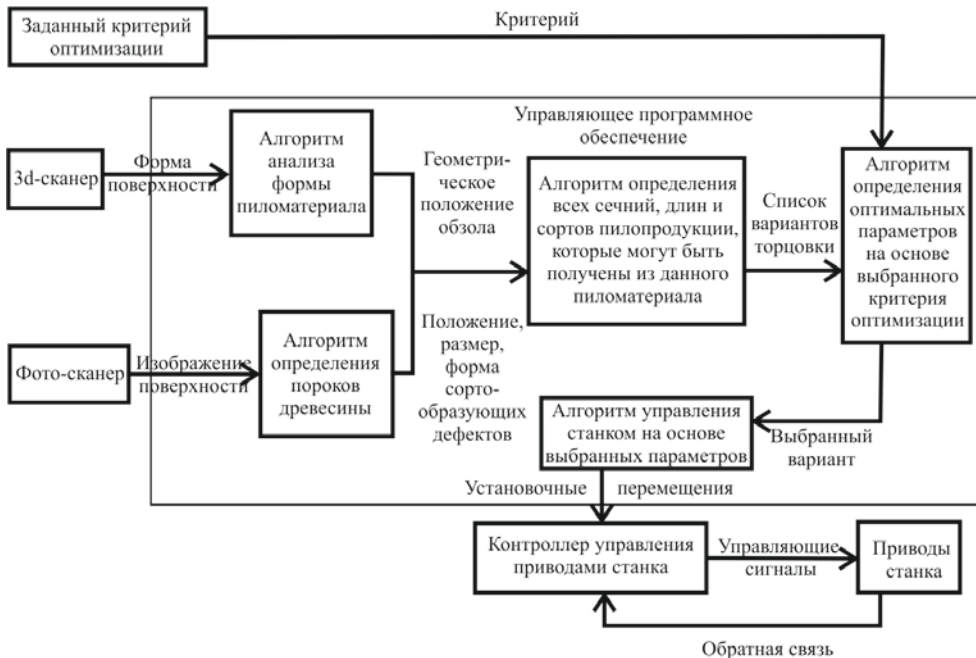


Рис. 1. Схема алгоритма управления

оптическое сканирование поверхности необрезных пиломатериалов. На рис. 1 представлена схема алгоритма процесса дефектоскопии пиломатериалов.

Для реализации данного алгоритма была разработана установка (рис. 2) и сопутствующее программное обеспечение.

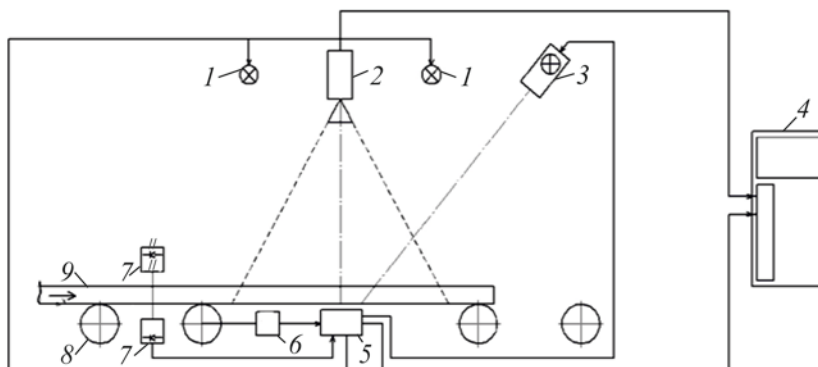


Рис. 2. Структурная схема установки: 1 – источник света; 2 – камера; 3 – лазерный излучатель; 4 – ЭВМ; 5 – контроллер; 6 – датчик продольного перемещения; 7 – инфракрасный датчик наличия доски; 8 – пиломатериал, 9 – роликовый конвейер

Установка предназначена для получения данных о форме и отражающей способности поверхности необрезных пиломатериалов и представляет собой роликовый конвейер с закрепленными на нем камерой (2), сфокусированным в линию лазером красного цвета (3), а также датчиками продольного перемещения (6) и наличия доски (7). Она передает управляющему программному обеспечению данные о наличии и перемещении доски и изображение с камеры. Лазерный излучатель 3 сфокусирован в линию и направлен под углом к камере таким образом, чтобы в кадре образовывался контур, соответствующий форме сечения пиломатериала. Источники освещения 1 и лазер 3 управляются контроллером 5, что позволяет переключать установку из режима сканирования геометрической формы в режим получения изображения поверхности.

Цифровая видеокамера 2 передает полученное изображение (рис. 3, а) управляющему программному обеспечению в виде двумерного массива  $M$ , каждая из ячеек которого состоит из трех значений, определяющих цвет соответствующей точки на изображении.

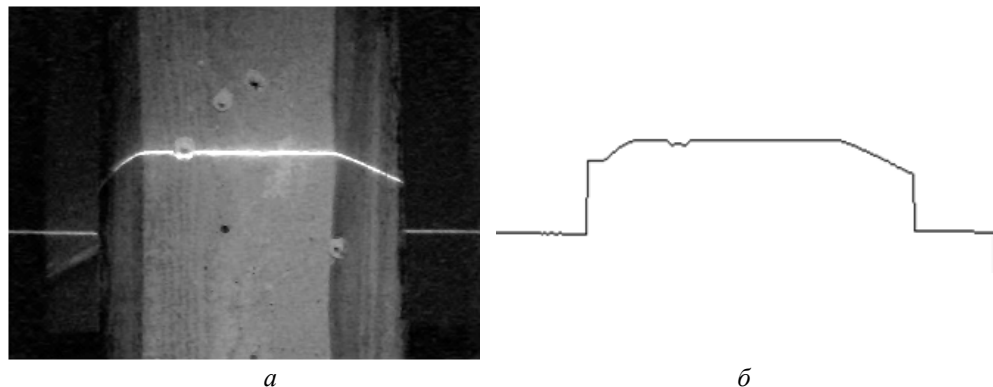


Рис. 3. Выделение контура, подсвеченного лазером: а – изображение, полученное с камеры; б – выделенный контур

На изображении присутствует подсвеченный лазером контур, соответствующий сечению пиломатериала в точке съемки, с помощью которого можно восстановить трехмерную форму поверхности. В первую очередь необходимо определить положение всех точек контура на изображении. Для этого в каждом столбце массива находится ячейка с максимальным значением красной составляющей цвета.

В целях оптимизации алгоритма поиск проводится в заранее определенном по высоте диапазоне. Координаты полученной ячейки (строка и столбец) пересчитываются относительно центра и заносятся в массив  $d$ . Результат выполнения алгоритма представлен на рис. 3, б, схема работы алгоритма поиска контура – на рис. 4.

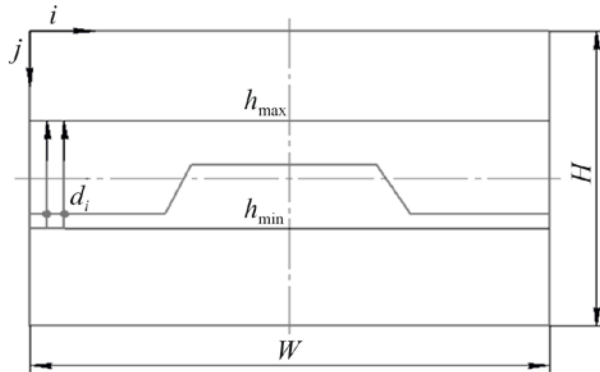


Рис. 4. Схема работы алгоритма поиска контура, подсвеченного лазером:  $i, j$  – направления лучей;  $h_{\min}, h_{\max}$  – минимальная и максимальная высоты;  $d_i$  – разрешение;  $W$  – длина сканирования;  $H$  – высота

После определения координат всех точек контура на изображении необходимо определить их положение в пространстве. Вычисления сводятся к нахождению точки пересечения луча, выпущенного из центра камеры, в направлении точек и плоскости, создаваемой лазером. Схема расчета пространственных координат точек контура представлена на рис. 5.

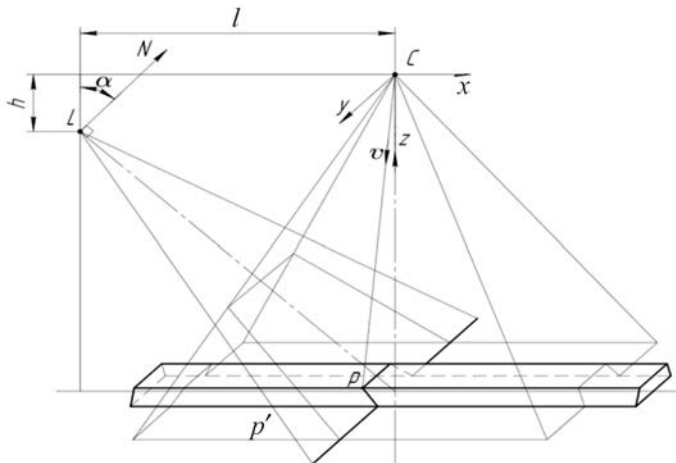


Рис. 5. Схема расчета:  $C$  – оптический центр камеры, совмещенный с началом координат;  $L$  – центр лазерного излучателя, создающего плоскость;  $p$  – искомая точка на поверхности;  $p'$  – точка, определяющая направление луча;  $\alpha$  – угол между нормалью  $N$  к плоскости лазера и осью  $z$ ;  $h$  – расстояние от камеры до источника освещения по нормали;  $l$  – то же по горизонтали;  $v$  – направление луча сканирования

Уравнение плоскости, создаваемой лазером, определяется взаимным положением камеры и лазера. Для данной схемы оно будет иметь следующий вид:

$$x \cos \alpha - z \sin \alpha + h \cos \alpha - l \sin \alpha = 0;$$

Направление луча  $v$  можно определить по формуле

$$\vec{v} = P^{-1}d,$$

где  $P$  – матрица камеры размера  $4 \times 4$ ;

$d$  – координаты искомой точки на изображении.

Матрица  $P$  выражается следующим образом:

$$P = K[R|\vec{t}],$$

где  $K$  – верхняя треугольная матрица внутренних параметров камеры размера  $3 \times 3$ ;

$R$  – ортогональная матрица размера  $3 \times 3$ , определяющая поворот камеры относительно глобальной системы координат;

$\vec{t}$  – положение камеры в пространстве.

Запишем в общем виде матрицу внутренних параметров камеры:

$$K = \begin{bmatrix} f & s & c_x \\ 0 & af & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где  $f$  – фокусное расстояние камеры;

$s$  – наклон пикселей;

$c_x, c_y$  – положение оптического центра.

Если оси координаты плоскости камеры перпендикулярны друг другу ( $s = 0$ ) и имеют одинаковый масштаб (квадратные пиксели) ( $a = 1$ ), а центр изображения имеет нулевые координаты ( $c_x = c_y = 0$ ), то

$$K = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Так как в данном случае центр камеры лежит в начале координат, а главная ось камеры сонаправлена с осью  $z$ , то

$$t = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = I; P = K[I|0].$$

Отсюда

$$\vec{v} = K^{-1}d.$$

Положение точки  $\vec{p}$  на прямой можно определить из выражения

$$\vec{p} = \vec{v}r$$

или в параметрическом виде:

$$\begin{cases} p_x = v_x r \\ p_y = v_y r \\ p_z = v_z r \end{cases} \quad (1)$$

где  $r$  – расстояние от центра камеры до точки  $p$ .

Подставив выражения (1) в уравнение плоскости, получим уравнение с одной неизвестной:

$$v_x r \cos \alpha - v_y r \sin \alpha + h \cos \alpha - l \sin \alpha = 0. \quad (2)$$

Отсюда

$$r = \frac{l \sin \alpha - h \cos \alpha}{v_x \cos \alpha - v_y \sin \alpha}. \quad (3)$$

Значение  $r$  необходимо подставить в уравнения (1) для определения координаты искомой точки в пространстве.

Соединив полученные точки между собой, имеем пространственный контур пиломатериала для данного кадра. Для формирования трехмерной модели необходимо расположить полученные контуры в соответствии с данными датчиков продольного перемещения и объединить соседние точки в полигоны. Полученная таким образом модель представлена на рис. 6.

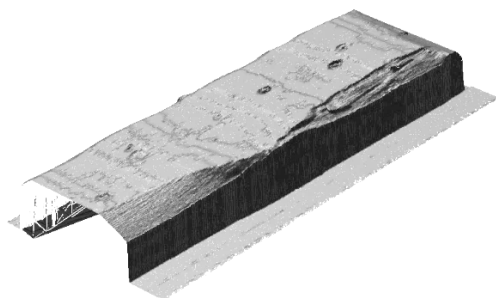


Рис. 6. Результат трехмерного сканирования

Смещение точек по продольной оси  $x$  при использовании энкодера с редуктором определяется как

$$l_x = \frac{n}{N} i \pi D,$$

где  $n$  – количество импульсов энкодера;

$N$  – количество импульсов энкодера на оборот;

$i$  – передаточное число редуктора;

$D$  – диаметр выходного вала.

Точность модели зависит от частоты получения кадров, скорости движения доски, разрешения камеры, фокусировки лазера.

Для оптимизации процесса анализа формы поверхности трехмерная модель, состоящая из точек, объединенных в полигоны, преобразуется в поле высот (рис. 7) – двумерный массив, каждая из ячеек которого соответствует точке поверхности с координатами

$$x = ik_x; y = jk_y; z = H - K_{i,j}k_z,$$

где  $i, j$  – индекс ячейки массива;

$k_x, k_y, k_z$  – масштаб поля высот;

$H$  – расстояние от камеры до базовой плоскости;

$K_{i,j}$  – массив поля высот.

Рис. 7. Результат совмещения оптического и трехмерного сканирования



Выделение пласти и обзола на поверхности пиломатериала производится путем анализа гистограммы распределения высот. Так как пласти занимает большую площадь поверхности и имеет форму, близкую к плоской (узкий диапазон высот), она проявляется как пик в правой части гистограммы. Гистограмма высот с выделенным участком, принадлежащим области пласти, представлена на рис. 8 (нулевая высота в анализе не учитывается).

Поле высот для поверхности пиломатериала в графическом виде представлено на рис. 9, а. На гистограмме высот выделен диапазон значений, соответствующий пласти. Область поверхности со значениями, попадающими в выделенный диапазон, представлена на рис. 9, б.

Изображение, полученное с камеры, также несет в себе информацию об отражающей способности поверхности. Она может быть использована для поиска дефектов и пороков древесины. Предварительно необходимо из полученных кадров составить целостное изображение поверхности доски. Размер объекта на изображении зависит от расстояния до камеры, что вызывает перспективные искажения. Они могут быть скорректированы путем попиксельной проекции изображения на трехмерную форму поверхности из точки съемки.

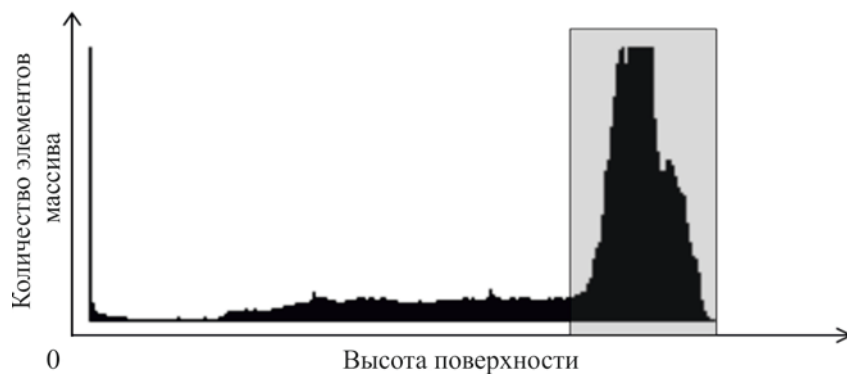


Рис. 8. Гистограмма высот



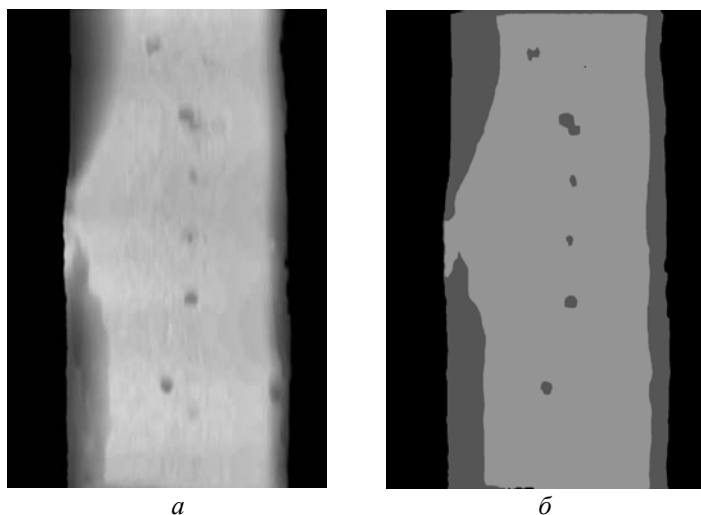


Рис. 9. Выделение пласти: *a* – поле высот; *б* – выделенная область высот

Но при частом фотографировании, когда выполняется условие  $\text{atan} \frac{lf}{h} < 25^\circ$  (где  $l$  – расстояние между кадрами;  $h$  – расстояние от камеры до поверхности), перспективными искажениями можно пренебречь. Тогда изображение составляется из полосок, вырезанных из центральных частей кадра (рис. 10, *a*). Швы удаляются путем линейной интерполяции цветовых значений между соседними кадрами (рис. 10, *б*).

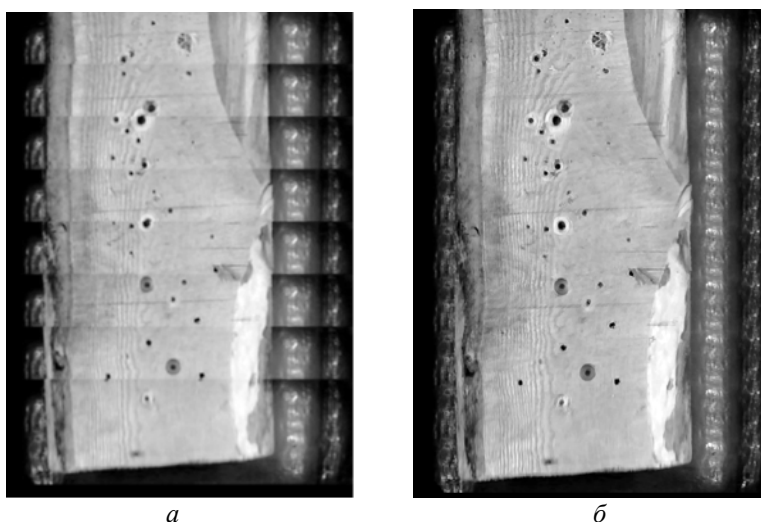


Рис. 10. «Сшитое» изображение: *a* – без линейной интерполяции, *б* – с линейной интерполяцией

После получения целостного изображения поверхности доски оно может быть совмещено с моделью формы поверхности (см. рис. 7).

Такие пороки древесины как гнилые, здоровые темные сучки, смоляные кармашки и трещины заметно темнее здоровой древесины и могут быть выделены с помощью порогового фильтра. В результате применения порогового фильтра получается бинарное изображение. Для его анализа могут быть использованы морфологические операции сегментации, основанные на объединении соседних пикселей в сегменты. В процессе сегментации могут быть определены такие параметры сегментов, как продольный и поперечный размеры и площадь. На этом этапе могут быть отсеяны сегменты слишком малой площади. Для надежной классификации сегментов в большинстве случаев необходимо пользоваться несколькими признаками ( площадь, ориентация, форма, яркость в различных цветовых диапазонах и положение сегмента).

Таким образом, полученная информация о форме поверхности пиломатериала, наличии и расположении дефектов в нем позволяет с высокой точностью выбрать вариант торцовки и определить качество будущей пилопродукции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Копейкин А.М., Задраускайте Н.О., Турушев В.Г., Гельфанд Е.Д. К вопросу автоматизирования определения дефектных участков на пиломатериале // Лесн. журн. 2012. № 3. С. 72–75. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Техническое зрение роботов/ Под ред. Ю.Г. Акушенкова. М.: Машиностроение, 1990. С. 162–164.
3. *Szeliski R.* Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2010. P. 578–616.

Поступила 12.04.13

УДК 674.093

#### **Algorithmization of Wood Flaw Detection**

*A.E. Alekseev, Doctor of Engineering, Professor*

*I.A. Toloknov, Postgraduate Student*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: i.toloknov@agtu.ru

The use of the optical form and image scanning of the uncut timber surface allows to define the most profitable cutting variant. The form scanning is using to determine the maximum dimensions of sawn timber and future wane, and the reflectivity scanning of the lumber surface is using to determine the presence and position of the main defects. To implement the wood flaw detection based on the analysis of form and image of the board surface, it is necessary to develop relevant algorithms and techniques. Firstly we need to determine the principle of action and the functional diagram of the scanning device. After that we need to create the control algorithms of the scanner. Defining the primary type of obtained during

the scanning process data, we can begin developing analysis algorithms. Previously, the scanned data must be led to the suitable form for the defective analysis - the geometric model and whole image of the timber surface. The image should be matched with the shape so that for the every point of the image its spatial position on the surface have been determined. The experiment resulted in the detection algorithms of the uncut timber and the scanning device with the software. The paper describes the concept and algorithms of the photometric shape and surface reflectance of uncut timber scanner. An algorithm for constructing a three-dimensional shape model of boards, based on data received from the device, as well as algorithms face and some mechanical damage allocation are developed. The formation method of lumber surface linearized image, and algorithms for allocating major defects are also described. As a result of the described algorithms we can identify possible options for timber processing and predict the future quality of sawn timber for each option before processing. Obtained as a result scan data can also be further used for the development and testing of various algorithms to analyze the quality of sawn timber, as well as the collection of statistical data.

*Keywords:* wood flaw detection, algorithmization woodworking, technical vision, three-dimensional scanning, optical scanning.

#### REFERENCES

1. Kopeikin A.M., Zadrauskaite N.O., Turushev V.G., Gelfand E.D. K voprosu avtomatizirovaniya opredeleniya defektnyh uchastkov na pilomateriale [The Question of the Automate Determining of the Defective Sites at the Lumber]. *Izv. vissh. ucheb. zavedeniy. Lesnoy zhurnal* 2012, no. 3, pp. 72-75.
  2. Akushenkov Y.G. Tehnicheskoe zrenie robotov [Technical Robot Vision]. Moscow, 1990, pp. 162-164.
  3. Szeliski R., Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2010, pp. 578-616.
-



УДК 674.815

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

© А.А. Леонович<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.

Т.Н. Войтова<sup>1,2</sup>, асп., зам. нач. цеха ДСП

<sup>1</sup>С.-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Институтский пер., 5, С.-Петербург, Россия, 194021; e-mail: wood-plast@mail.ru

<sup>2</sup>ЗАО «Череповецкий ФМК», ул. Проезжая, 4, г. Череповец, Вологодская обл., Россия, 162604; e-mail: voytova@list.ru

Древесностружечные плиты, а также строительные и отделочные материалы на их основе традиционно широко и в возрастающих объемах используются в строительстве и мебельной промышленности. Ограничения накладываются в связи с предельно-допустимой концентрацией свободного формальдегида в воздухе жилых помещений, принятой в России. Один из путей решения этой проблемы связывают с использованием акцепторов. Целью работы являлось исследование эффективности нового акцептора – модифицированного амидофосфата, в наибольшей степени снижающего содержание формальдегида без потери основных показателей древесностружечных плит. Исследовано влияние акцептора на прочность образцов. Проведен подбор общего расхода этого продукта. Установлено, что использование предлагаемого акцептора позволяет выпускать древесные плиты с содержанием формальдегида менее 4,0 мг/100 г абс. сух. плиты, что соответствует требованиям ведущих зарубежных фирм и допустимо для использования их при производстве детской мебели и мебели для лечебных и учебных заведений. Проведена опытно-промышленная выработка партии плит объемом 250 м<sup>3</sup> в цехе Череповецкого фанерно-мебельного комбината на прессе «Диффенбахер». Получены характеристики выработанной продукции, соответствующей требованиям стандартов по основным показателям и содержанию формальдегида, установлен оптимальный расход акцептора.

*Ключевые слова:* формальдегид, акцептор, древесностружечные плиты, прочность, адгезия, карбамидоформальдегидное связующее.

Экологическую безопасность древесностружечных плит (ДСП) оценивают по эмиссии свободного формальдегида (СН<sub>2</sub>О) как ведущего токсического соединения [4], относя их к определенному классу: Е2; Е1; Е0,5. Последний класс (содержание СН<sub>2</sub>О ≤ 4,0 мг/100 г абс. сухой плиты по перфораторному методу) является обязательным для наиболее ответственных изделий (детская мебель, мебель для лечебных и учебных заведений). Переход на Е0,5 необходим для гармонизации с зарубежными стандартами, по которым работают ведущие фирмы, производящие древесноплитные материалы и фанеру.

Снижение эмиссии  $\text{CH}_2\text{O}$  достигается введением в композицию реагирующих с ним акцепторов [1, 7]. В качестве акцепторов в промышленности находят применение соединения, образующие аммиак (карбамид, меламин, аммиачная вода). Сообщается [8] о такой способности амидофосфата – продукта конденсации карбамида с фосфорной кислотой в присутствии специального катализатора, предназначенного для изготовления огнезащитных древесных плит. Амидофосфат модифицировали с получением продукта, в наибольшей степени отвечающего целям снижения содержания  $\text{CH}_2\text{O}$ . Аминогруппы ( $-\text{NH}_2$ ) модифицированного амидофосфата (ЛШ) вступают во взаимодействие с  $\text{CH}_2\text{O}$ . Для достижения класса E0,5 модифицировали амидофосфат, синтезированный по [9], с тем, чтобы включить во взаимодействие со свободным  $\text{CH}_2\text{O}$ , не только  $-\text{NH}_2$  группы, но и остаток фосфорной кислоты, как это показано в работе [6].

Целью настоящей статьи является подбор общего расхода продукта для выполнения функции акцептора  $\text{CH}_2\text{O}$  и условий изготовления ДСП с обеспечением показателей прочности на уровне стандартов.

Скорость отверждения карбамидоформальдегидных смол (КФС) оценивают (ГОСТ 14231–88 [3]) по времени желатинизации на кипящей водяной бане. Поскольку температура отверждения при горячем прессовании составляет 105...180 °С, то использовали масляную баню с температурой 100, 120, 140, 160 и 180 °С. Для приготовления связующего в КФС концентрацией 68 % вводили раствор отвердителя сульфата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (расход 3 %) и акцептора ЛШ (расход 0,5; 1,0 и 1,5 % (здесь и далее расход по абс. веществам)).

Глубину отверждения КФС определяли по прочности образцов. Образцы березового лущеного шпона ( $50 \times 50 \times 1,2$  мм), которые равномерно пропитывали раствором акцептора ЛШ с расходом 0,3 ... 1,5 %, сушили до влажности 2,0...2,5 %. Далее равномерно на обе стороны образца наносили связующее, состоящее из смолы и отвердителя. Расход связующего (от 7 до 10 %) контролировали весовым методом (по массе). Образцы помещали между деревянными колодками, моделируя клеевое соединение. Колодки с образцами закрепляли в струбцинах. Гайки струбцин затягивали динамометрическим ключом с усилием сжатия 0,33 МПа. Струбцины с образцами помещали в сушильный шкаф и выдерживали при температуре 100 °С в течение 5 мин, затем охлаждали и разбирали.

Для определения эмиссии  $\text{CH}_2\text{O}$  образцы лущеного березового шпона (размерами  $400 \times 400 \times 1,2$  мм) равномерно пропитывали водными растворами амидофосфата ЛШ, содержащими разное количество сухого акцептора. Образцы сушили при температуре 100 °С до влажности 2,0...2,5 % и использовали в качестве среднего слоя при изготовлении фанеры как модельного образца. Все образцы прессовали при одинаковых условиях: температура 120 °С, удельное давление 1,6 МПа, продолжительность 7 мин. Образцы кондиционировали. Эмиссию (выделение)  $\text{CH}_2\text{O}$  ( $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ) определяли при тем-

пературе 60 °С методом газового анализа [5] в приборе ПГА 4017-002 с ацетилацетоновым реактивом в качестве поглотительного раствора.

Для оценки *эффективности акцептора* использовали методику [2]. Препараты для анализа изготавливали из образцов березового лущеного шпона (50 × 50 × 1,2) мм. Их равномерно пропитывали раствором акцептора, сушили и наносили связующее из КФС и отвердителя равномерно на одну сторону образца. Расход связующего (10 %) контролировали весовым методом. Полученные образцы нагревали при температуре (105±1) °С в течение 15 мин. Содержание СН<sub>2</sub>О определяли по методу WKI [13] иодометрическим титрованием и вычисляли как среднее арифметическое по 6 пробам и относили к 1 г абс. сухой КФС. Контрольным служил образец шпона с нанесенным связующим без пропитки раствором акцептора.

Образцы плит изготавливали на лабораторном прессе марки АКЕ. Акцептор вводили в древесные частицы наружного слоя, внутреннего слоя и оба слоя. Температура прессования 180 °С, удельное давление 2,5 МПа, продолжительность 0,2 мин/мм толщины готовой плиты. Результаты экспериментов обрабатывали методом вариационной статистики.

Модифицирующие добавки в КФС необходимо анализировать по их влиянию на процесс изготовления ДСП и на свойства конечной продукции. С этой целью был изучен определяющий продолжительность прессования ДСП показатель – скорость отверждения связующего с последующей оценкой прочности плит.

В табл. 1 приведены данные о влиянии температуры на продолжительность отверждения КФС в присутствии акцептора ЛШ. Желатинизацию, как первую стадию отверждения КФС, фиксировали по потере текучести. С повышением температуры скорость отверждения возрастает при любом расходе акцептора, однако продолжительность отверждения несколько увеличивается.

Полная глубина отверждения КФС этим методом не была достигнута. Косвенно ее оценивали по прочности клеевого шва. Акцептор снижает прочность клеевого шва, особенно, если связующего используют меньше, чем требуется по норме (табл. 2). Сравнивая прочность образцов, изготовленных при предельных расходах связующего 7...10 %, можно сделать заключение,

Таблица 1

## Продолжительность отверждения КФС

Температура, °С	Без акцептора	С акцептором ЛШ при различном расходе, %		
		0,5	1,0	1,5
100	75 ± 0,5	78 ± 0,9	83 ± 0,4	92 ± 0,5
120	52 ± 0,5	65 ± 0,8	63 ± 0,4	60 ± 0,4
140	47 ± 0,8	50 ± 0,7	54 ± 0,5	56 ± 0,4
160	44 ± 0,6	47 ± 0,5	45 ± 0,4	45 ± 0,4
180	36 ± 0,6	38 ± 0,6	41 ± 0,5	42 ± 0,5

Таблица 2

## Прочность образцов при нормальном растяжении, МПа

Содержание акцептора в шпоне, %	Расход связующего, масс. %			
	7	8	9	10
0,3	0,28	0,29	0,32	0,35
0,5	0,22	0,29	0,31	0,33
0,7	0,20	0,26	0,30	0,33
1,0	0,18	0,26	0,30	0,32
1,5	0,16	0,26	0,28	0,30
Контроль (без акцептора)	0,30	0,31	0,33	0,36

что при нормативном расходе связующего это влияние будет незаметно. Отсюда следует вывод о целесообразности введения акцептора только в наружные слои ДСП, где нормативный расход составляет 12...14 %. В этом случае негативное влияние акцептора на прочность не должно сказываться. Интерпретировать результаты можно с позиций повышения однородности и монолитности клевого слоя, когда дефекты, выражающиеся во включении в структуру КФС иного вещества, в частности, близкого по наличию функциональных групп  $-NH_2$ , как это имеет место у акцептора ЛШ, будут меньше.

Проследим влияние расхода акцептора ЛШ на эмиссию  $CH_2O$  ( $mg/(m^2 \cdot ч)$ ), определенную методом газового анализа:

Контрольный образец (без акцептора).....	1,15
Образец, содержащий:	
0,3 % акцептора.....	0,80
0,7 % акцептора.....	0,51

Из этих данных следует, что с повышением расхода акцептора его эффективность возрастает. Однако улучшение качественного показателя – повышение уровня экологической безопасности ограничивается, с одной стороны, снижением прочности клеевых швов, с другой – качеством плит в целом. Таким образом, противонаправленное действие акцептора требуется оптимизировать по критериям действующих стандартов: прочность при изгибе – не менее 13 МПа; прочность при растяжении перпендикулярно к пласти – не менее 0,35 МПа; содержание  $CH_2O$  – не более 4,0 мг/100 г плиты.

Для перехода на промышленное изготовление ДСП необходимо установить место введения акцептора ЛШ. Предложено три варианта введения акцептора в древесные частицы при равном для всех вариантов его расходе: только в наружный слой (вариант I), только во внутренний слой (вариант II); в оба слоя – в наружные – 30 %, во внутренние – 70 % от общего расхода (вариант III). Полученные по трем вариантам данные указывают на целесообразность введения акцептора только в наружный слой, так как в этом случае акцептор наиболее эффективен, плиты имеют наибольшую прочность при растяжении перпендикулярно к пласти. Результаты испытания лабораторных образцов ДСП приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Показатели физико-механических свойств лабораторных ДСП,  
изготовленных в различных вариантах введения акцептора**

Показатель	Вариант введения акцептора в слои		
	I	II	III
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	700 ± 10,9	710 ± 10,9	670 ± 11,3
Прочность при статическом изгибе, МПа	7,3 ± 0,42	8,7 ± 0,60	7,5 ± 0,46
Прочность при растяжении перпендикулярно к пласти, МПа	0,23 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,2 ± 0,03
Содержание СН <sub>2</sub> О, мг/100 г абс. сух. плиты	1,1 ± 0,05	1,4 ± 0,07	1,8 ± 0,08

Результаты исследования были использованы для обоснования возможности промышленного использования акцептора ЛШ для повышения экологической безопасности ДСП до уровня класса эмиссии E0,5. На основании этого выработана опытно-промышленная партия плит общим объемом 250 м<sup>3</sup> (15 625 м<sup>2</sup> при толщине 16 мм) в цехе ДСП ЗАО «Череповецкий ФМК». Плиты производили на технологической линии способом непрерывного прессования на базе прессы «Диффенбахер» длиной 28 180 мм. Условия: начальная температура прессования – 250 °С с понижением до 190 °С, начальное давление прессования – 0,50 МПа с понижением до 0,15 МПа; общая продолжительность прессования – 90 с (пресс-фактор 4,8 с/мм). Показатели полученных плит характеризуются большей однородностью по сравнению с показателями лабораторных образцов (табл. 4).

Изготовленные плиты отвечают требованиям стандарта по прочности, относятся по эмиссии к классу E0,5. Для оценки процесса старения, приводящего к частичному распаду комплекса, образовавшегося при связывании

Таблица 4

**Показатели физико-механические свойства  
и санитарно-гигиеническая характеристика образцов промышленных ДСП**

Показатель	С акцептором ЛШ	Контроль (без акцептора)	Норма по ГОСТ 10632–2007
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	680 ± 3,7	675 ± 4,0	550...920
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	15,3 ± 0,2	15,8 ± 0,2	Не менее 13,0
Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти, МПа	0,42 ± 0,03	0,48 ± 0,03	Не менее 0,35
Содержание СН <sub>2</sub> О, мг/100 г абс. сухой плиты (перфораторный метод)	3,2 ± 0,20	7,9 ± 0,23	Не более 8,0
Выделение СН <sub>2</sub> О, мг/(м <sup>2</sup> ·ч) (газоаналитический метод)	2,0 ± 0,07	2,9 ± 0,02	Не более 3,5



Таблица 5

**Изменение во времени содержания  $\text{CH}_2\text{O}$  (мг/100 г плиты) в образцах ДСП**

Содержание $\text{CH}_2\text{O}$	С акцептором ЛШ (1 %)	Контроль (без акцептора)
Первоначальное	3,2	7,9
Через 5 сут. после изготовления	2,9	5,6
Через 12 мес. после изготовления	2,8	3,6

$\text{CH}_2\text{O}$  акцептором ЛШ, образцы плит выдерживали в нормальных условиях в течение 12 мес. (табл. 5). Установлено, что при выдержке  $\text{CH}_2\text{O}$  мигрирует из контрольных ДСП и через 12 мес. его содержание уменьшается на 53...55 % по сравнению с первоначальным. В случае применения акцептора ЛШ в количестве 1,0 % содержание  $\text{CH}_2\text{O}$  сокращается в 2,7 раза по сравнению с контрольным (без акцептора) образцом за счет связи акцептора с  $\text{CH}_2\text{O}$  и прочного удержания во времени. По прошествии 12 мес. содержание  $\text{CH}_2\text{O}$  снизилось всего лишь на 11...13 % от первоначального значения. Установлено, что комплекс с акцептором более устойчив при эксплуатации изделий. Изменение уровня содержания  $\text{CH}_2\text{O}$  для образцов контрольных плит составило 4,3 мг/100 г плиты (7,9 – 3,6), для образцов с акцептором – 0,4 мг/100 г (3,2 – 2,8), т. е. выделение  $\text{CH}_2\text{O}$  из изделий при их эксплуатации у модифицированных ДСП сокращается почти в 10 раз. Следовательно, мебель, изготовленная из ДСП с применением акцептора ЛШ, более экологически безопасна.

Для оценки эффективности акцептора ЛШ в табл. 6 приведены содержащиеся в ряде публикаций стандартные показатели ДСП с различными акцепторами  $\text{CH}_2\text{O}$ . Минимальное содержание  $\text{CH}_2\text{O}$  достигается в плитах с карбамидом, однако прочность их сильно падает, несмотря на повышенную плотность, и не соответствует ГОСТ 10632–2007. Промышленно изготовленные ДСП с акцептором ЛШ полностью соответствуют стандарту и характеризуются низким содержанием  $\text{CH}_2\text{O}$ , отвечающим (с учетом вариабельности показателя) классу эмиссии E0,5.

Таблица 6

**Показатели физико-механических свойств и санитарно-гигиеническая характеристика ДСП, изготовленных с применением различных акцепторов  $\text{CH}_2\text{O}$** 

Показатель	Карбамид [11]	Меламин [11]	Акцептор [12]	Акцептор [10]	Акцептор ЛШ (из табл. 4)
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	820	730	750	600	680
Прочность при растяжении, МПа	0,30	0,60	0,37	0,335	0,42
Прочность при изгибе, МПа	9,0	21,6	19,2	18,3	15,3
Содержание $\text{CH}_2\text{O}$ , мг/100 г плиты (перфораторный метод)	4,0	9,8	5,5	5,6	3,2

## Выводы

1. Синтезированный на базе модифицированного амидофосфата акцептор ЛШ позволяет изготавливать экологически безопасные ДСП с основными показателями, соответствующими ГОСТ 10632–2007 и относящимися к классу эмиссии формальдегида E0,5.

2. Акцептор ЛШ целесообразно вводить в древесные частицы наружного слоя в количестве 1,0 % с подачей в загрузочную воронку смесителя наружного слоя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин А.Е. Снижение токсичности мебели. М.: МГУЛ, 2002. 111 с.
2. Гамова И.А., Нгуен Тхи Минь Фьонг. Использование высокомолекулярных акцепторов формальдегида для снижения токсичности MDF // Состояние и перспективы развития производства древесных плит: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., 19–20 марта 2008 г., Балабаново: ЗАО ВНИИДРЕВ, 2008. С. 29–33.
3. ГОСТ 14231–88. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1988. 3 с.
4. ГОСТ 10632–2007. Плиты древесностружечные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2007. 15 с.
5. ГОСТ 32155–2013. Плиты древесные и фанера. Определение выделения формальдегида методом газового анализа. М.: Изд-во стандартов, 2013. 5 с.
6. Долгих О.Л., Леонович А.А. Использование продуктов синтеза карбамида с ортофосфорной кислотой в качестве акцепторов формальдегида // Биологическое разнообразие, озеленение, лесопользование: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых СПбГЛТА, 11–12 ноября 2008 г. СПб.: СПбГЛТА, 2009. С. 177–182.
7. Леонович А.А., Шеломов А.В. Получение огнезащищенных древесноволокнистых плит с использованием фосфорамид ФКМ // Лесн. журн. 2014. № 2. С. 101–108. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. Леонович А.А., Шпаковский В.Г. Древесностружечные плиты: огнезащита и технология: моногр. СПб.: Химиздат, 2012. 160 с.
9. Пат. 517491 РФ, МКИ<sup>6</sup> В 27 К 3/52. Антипирен и способ его приготовления / Леонович А.А. № 2108036/15; заявл. 21.02.75; опубл. 05.03.93.
10. Пат. 2059456 РФ, МПК<sup>7</sup> В27 К 3/52, С 08 L 97/02, В 37 N 3/02. Акцептор формальдегида / Хатилович А.А., Белопухова В.Г., Кротова С.А., Рило Р.П., Самохвалов Е.П. № 92009643/04; заявл. 03.12.92; опубл. 10.05.96.
11. Пат. 2145280 РФ, МПК<sup>7</sup> В 27 N 3/00. Способ производства древесностружечных плит / Дейнеко Д.В., Селиверстов В.Ж., Назаренков А.А., Панкратов Б.А., Бам Б.Д., Матюшин И.Т., Жаравин В.Д., Анохин А.Е. заявл. 23.08.99; опубл. 10.02.2000.
12. Пат. 2148067 РФ, МПК<sup>7</sup> В 27 К 3/52, С 08 L 97/02, В 37 N 3/02. Акцептор формальдегида / Пучков Б.В., Стрелков В.П., Белопухова В.Г., Кротова С.А., Довгополов М.В. № 99109676/04; заявл. 30.04.99; опубл. 27.04.2000.
13. Роффазль Э. Выделение формальдегида из древесностружечных плит / Пер. с нем. А.П. Штембах и В.Б. Семенов; под ред. А.А. Эльберта. М.: Экология, 1991. 159 с.

Поступила 04.03.14

УДК 674.815

### Improvement of the Environmental Safety of Wood Particle Boards

*A.A. Leonovich*<sup>1</sup>, *Doctor of Engineering, Professor*

*T.N. Voytova*<sup>1,2</sup>, *Postgraduate Student, Deputy Manager*

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, Institutskij lane, 5, Saint-Petersburg, 194021, Russia; e-mail: wood-plast@mail.ru

<sup>2</sup>CJSC «Cherepovetsky Plywood-Furniture Group of Enterprises», Proezhaya str., 4, Cherepovets, Vologda region, 162604, Russia; e-mail: voytova@list.ru

Wood particle boards, as well as the construction and finishing materials based upon wood particle boards are traditionally used in increasing volumes in the construction works and furniture industry. The limitations prescribed in Russia are connected with the maximum permissible concentration of uncombined formaldehyde (CH<sub>2</sub>O) in the living space. One of the possible ways of solutions of this problem is the using of acceptors. The main idea of this paper was researching the effectiveness of new acceptor – modified amidophosphate, serving to reduce CH<sub>2</sub>O content in the wood particle boards products without loss of base indices. The acceptor adhesive interaction influence in wood particle boards has been studied. The selection of overall product consumption is carried out. It has been established that the use of suggested acceptor will make it possible to produce wood particle boards with CH<sub>2</sub>O content less than 4 mg/100 g abs. dry board. This ratio of CH<sub>2</sub>O is permissible to use wood particle boards in the manufacturing of the kids furniture and furniture for medical and educational institutions as well as for the conformance to the requirements of the leading foreign companies. The experimental-industrial output of board batch in volume 250 m<sup>3</sup> is carried out in the department Cherepovetsky PFGE at the press «Dieffenbacher». The characteristics of the manufactured production, corresponded to the standards at the base indices and CH<sub>2</sub>O content are reported. The optimum expense of acceptor is established.

*Keywords:* Formaldehyde, acceptor, particle boards, strength, adhesion, urea-formaldehyde binder.

#### REFERENCES

1. Anokhin A.E. *Snizhenie toksichnosti mebeli* [Reducing of Furniture Toxicity]. Moscow, 2002. 111 p.
2. Gamova I.A., Nghuen Tkhi Min Fiong. Ispol'zovanie vysokomolekuljarnyh akceptorov formal'degida dlja snizhenija toksichnosti MDF [The Use of High-Molecular Formaldehyde Acceptors for MDF Board Toxicity Abatement]. *Sostojanie i perspektivy razvitiya proizvodstva drevesnyh plit: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Conditions and Development Prospect of Particle Board Production: Outline Reports of the Internat. Theor. and Pract. Conf., March 19–20, 2008]. Balabanovo, 2008. pp. 29–33.
3. *GOST 14231–88. Smoly karbamidoformal'degidnye. Tehnicheskie uslovija* [State Standart 14231 – 88. Urea-Formaldehyde Resins. Technical Standarts]. Moscow, Publ. of Standarts, 1989. 3 p.

4. GOST 10632–2007. *Plity drevesnostruzhechnye. Tehnicheskie uslovija* [State Standart 10632 – 2007. Particle Board. Technical Standarts]. Moscow, Standartinform, 2007. 15 p.

5. GOST 32155–2013. *Plity drevesnye i fanera. Opredelenie vydelenija formal'degida metodom gazovogo analiza* [Particle Board and Plywood. Determination of Formaldehyde Release by Gas Analysis Method]. Moscow, Standartinform, 2013. 5 p.

6. Dolgikh O.L., Leonovich A.A. Ispol'zovanie produktov sinteza karbamida s ortofosfornoj kislotoj v kachestve akceptorov formal'degida [The Use of Carbamide and Phosphoric Acid Synthesis Product as Formaldehyde Acceptors]. *Biologicheskoe raznoobrazie, ozelenenie, lesopol'zovanie: sb. mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh SPbGLTA*. [Biodiversity, Landscaping and Forest Management: Outline Reports of the Internat. Theor. and Pract. Conf. of the Young Scientists of SPbSFTA, November 11–12, 2008]. St.-Petersburg, 2009. pp. 172–182.

7. Leonovich A.A., Sheloumov A.V. Poluchenie ognезashhishennyh drevesnovoloknistyh plit s ispol'zovaniem fosforamida FKM [Obtaining Flame-Resistant Fiberboards Using Phosphoramid FKM]. *Izv. vissh. ucheb. zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 2014, no. 2, pp. 101–108.

8. Leonovich A.A., Shpakovskij V.G. *Drevesnostruzhechnye plity: ognезashhita i tehnologija: monogr.* [Wood Particle Boards: Flame Retardance and Technology: Monograph]. St.-Peterburg, 2012. 160 p.

9. Leonovich A.A. *Antipiren i sposob ego prigotovlenija* [The Way to Obtain Antipyrène (Fire-Retarding Agent)]. Patent RF, no. 517491.

10. Hatilovich A.A., Belopukhova V.G., Krotova S.A., Rilo R.P., Samohvalov E.P. *Akceptor formal'degida* [Formaldehyde Acceptors]. Patent RF, no. 2059456, 1996.

11. Dejneko D.V., Seliverstov V.Zh., Nazarenkov A.A., Pankratov B.A., Bam B.D., Matjushin I.T., Zharavin V.D., Anokhin A.E. *Sposob proizvodstva drevesnostruzhechnyh plit* [The Way of Production of Particle Boards]. Patent RF, no. 2145280, 2000.

12. Puchkov B.V., Strelkov V.P., Belopukhova V.G., Krotova S.A., Dovgopolov M.V. *Akceptor formal'degida* [Formaldehyde Acceptors]. Patent RF, no. 2148067, 2000.

13. Roffael E. *Die Formaldehyd-Abgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen*. Stuttgart, 1982. (Russ. ed.: Schtembach A.P., Semyonova V.B. *Vydelenie formal'degida iz drevesnostruzhechnyh plit*). Moscow, 1991. 159 p.

---

УДК 547.992.3:51-74

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА СТОЧНЫХ ВОД\***

© *А.П. Карманов<sup>1</sup>, д-р хим. наук, проф., вед. науч. сотр.*

*Л.С. Кочева<sup>2</sup>, д-р хим. наук, руков. лаборатории*

*Т.Н. Щемелинина<sup>1</sup>, канд. биол. наук, науч. сотр.*

<sup>1</sup>Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Коммунистическая, 28, г. Сыктывкар, Россия, 167982; e-mail: apk0948@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Первомайская, 54, г. Сыктывкар, Россия, 167982; e-mail: karko07@mail.ru

В комплексе мероприятий по снижению антропогенного загрязнения окружающей среды важная роль принадлежит мониторингу сточных вод предприятий, осуществляемому путем количественной оценки и анализа нормируемых показателей качества сточных вод на очистных сооружениях. Данная статья посвящена исследованию изменчивости состава сточных вод промышленного предприятия в различные периоды времени с помощью современных методов математического анализа временных рядов, характеризующих интегрально динамику процессов поступления и обезвреживания загрязняющих веществ. Основной задачей работы является реконструкция и количественная характеристика так называемого динамического аттрактора системы. Для решения поставленной задачи использовали результаты ежесуточных аналитических определений химического потребления кислорода, отражающего суммарное количество веществ, способных к химическому окислению. Для количественной характеристики и выявления закономерностей, связанных с динамикой системы, был проведен математический анализ геометрического образа динамического режима – аттрактора, представляющего собой притягивающее множество траекторий системы в  $D$ -мерном фазовом пространстве, для чего был использован аппарат фрактальной математики и химической синергетики с привлечением методов нормированного размаха и псевдофазового пространства Паккарда. В ходе исследований осуществлена реконструкция динамики системы по временным рядам показателя «химическое потребление кислорода» и установлены количественные характеристики динамического аттрактора системы. Полученные результаты позволяют утверждать, что изучаемые временные последовательности характеризуются наличием внутреннего порядка, который определяется в настоящее время как фрактальный. Это означает, что временная эволюция изучаемой системы представляет собой устойчивое динамическое состояние, называемое странным аттрактором. Проведена оценка показателей Херста и установлены значения корреляционных и фрактальных размерностей аттрактора в многомерных псевдофазовых пространствах. Показано, что в исследуемой системе

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (код проекта 12-М-45-2012).

происходят явления нелинейной динамической самоорганизации, что подтверждается также RS-анализом временных рядов. Использование алгоритма Грассберга–Прокаччия позволило установить конечную размерность пространства, в рамках которого функционирует аттрактор. Представленные результаты демонстрируют перспективность использования современных методов нелинейной динамики для анализа закономерностей функционирования сложных динамических систем, к которым относятся промышленные предприятия.

*Ключевые слова:* временной ряд, корреляционная размерность, показатель Херста.

### *Введение*

В комплексе мероприятий по снижению антропогенного загрязнения природной среды лежит экологический мониторинг водной среды, основным элементом которого следует считать мониторинг сточных вод предприятий. Эта деятельность осуществляется посредством анализа нормируемых и контролируемых показателей качества сточных вод на входе и выходе с очистных сооружений, а в случае необходимости – по стадиям очистки. Такого рода ретроспективный анализ не позволяет в полной мере прогнозировать и управлять процессами загрязнения природных водоемов. На наш взгляд, для совершенствования мероприятий по защите водной среды необходим также математический анализ так называемых временных рядов [1], т. е. динамики состояния сточных вод на входе и выходе из очистных сооружений. Установление закономерностей изменения качества сточных вод в течение достаточно продолжительного периода позволит прогнозировать уровень загрязнения водной среды, что создаст дополнительные возможности по уменьшению рисков при принятии решений производственного характера.

Традиционный подход к анализу результатов наблюдений связан с использованием статистических методов, основными из которых являются регрессионный и дисперсионный. Указанные методы зачастую не приводят к положительным результатам, поскольку далеко не всегда удается найти прямую взаимосвязь между производственными процессами и уровнем загрязнения промышленных стоков. Показано, что более перспективным подходом является применение современных методов нелинейной динамики [2, 5].

В данной работе для анализа данных мониторинга сточных вод в виде временных рядов использован аппарат фрактальной математики и химической синергетики с привлечением методов Паккарда и Грассберга–Прокаччия. На первом этапе исследования в качестве критерия загрязненности сточных вод был использован так называемый показатель ХПК (химическое потребление кислорода), который дает суммарное количество загрязняющих веществ, способных к окислению.

*Экспериментальная часть*

Для математического анализа использовали аналитические данные ежесуточных определений показателя ХПК на одном из предприятий лесопромышленного комплекса за два периода: с мая 1994 г. по май 1999 г.; с мая 2012 г. по ноябрь 2012 г. Места отбора проб: приемная камера (ПК) и пруд-аэратор (ПА). Длина первого ряда для приемной камеры (ПК-1) составляла 1825 точек, второго ряда (ПК-2) – 183 точки; длины временных рядов для очищенных стоков ПА-1 – 1795 точек, ПА-2 – 191 точка.

*Обсуждение результатов*

На рис. 1, *а* представлены данные мониторинга промышленных стоков за первый период наблюдений (1994 – 1999 гг.). Как видно из рис. 1, *а*, анализируемые динамические переменные ПК-1 и ПА-1 демонстрируют достаточно сильные колебания – флуктуации. Флуктуационная динамика данной сложной системы, наблюдаемая как временной ряд показателей ХПК, имеет характер «броуновского движения» относительно средней величины ХПК. Какие-либо видимые закономерности, в том числе периодические, связанные с сезонными периодами, отсутствуют. Максимальное значение показателя ХПК неочищенных сточных вод достигало 3600 мг  $O_2$ /л, минимальное – 200 мг  $O_2$ /л. Колебания значений ХПК очищенных вод имеют, естественно, меньшую амплитуду: минимальное – 50 мг  $O_2$ /л, максимальное – не более 500 мг  $O_2$ /л. Корреляции между ежедневными отсчетами (аналитическими определениями) ХПК по существу отсутствуют. В то же время между среднеквартальными значениями ПК-1 и ПА-1 определенная взаимосвязь существует, причем выявляется некоторая тенденция к росту степени загрязненности промышленных стоков данного предприятия в период 1997–1999 гг.

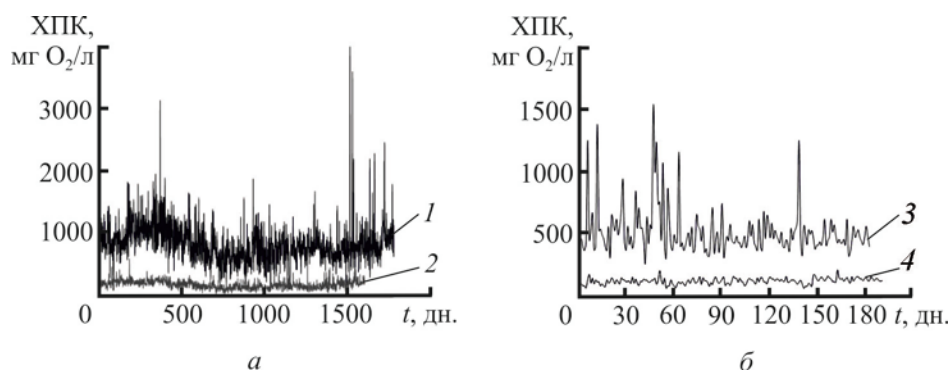


Рис. 1. Временная зависимость показателя ХПК сточных вод предприятия за период с мая 1994 г. по май 1999 г. (*а*) и с мая по ноябрь 2012 г. (*б*): 1 – ПК-1; 2 – ПА-1; 3 – ПК-2; 4 – ПА-2

Как видно из рис. 1, б, где представлены результаты определения показателя ХПК в 2012 г., уровень загрязненности сточных вод в приемной камере в 2012 г. заметно ниже, чем в 90-е гг.; максимальные значения ХПК находятся на уровне 1500...1700 мг О<sub>2</sub>/л. Очищенные воды (ПА-2) также характеризуются более низкими значениями показателя ХПК по сравнению с предшествующими годами.

Универсальным инструментом исследования стационарных динамических процессов естественного и техногенного происхождения являются методы нелинейной динамики, позволяющие идентифицировать и охарактеризовать динамические системы любого происхождения. В частности, с их помощью можно определить является ли исследуемый режим (или процесс) случайным или представляет собой детерминированный хаос, который можно описать на языке дифференциальных уравнений. Как известно, во многих сложных системах довольно часто наблюдаются явления динамической самоорганизации, приводящие к образованию структур, в том числе временных фракталов. Следует отметить, что информация о параметрах таких временных фрактальных структур чрезвычайно важна для прогнозирования эволюции сложных технологических систем, предсказания катастрофических явлений и аварийных ситуаций.

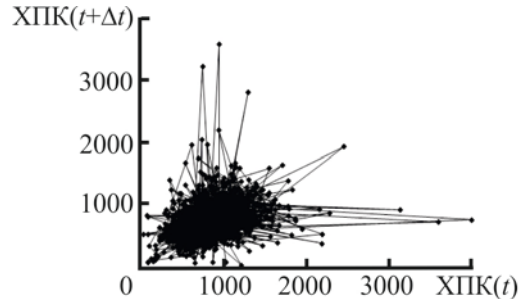
Для количественной характеристики и выявления закономерностей, связанных с динамикой системы, необходим детальный анализ геометрического образа динамического режима – аттрактора, представляющего собой так называемое притягивающее множество траекторий системы в  $D$ -мерном фазовом (или псевдофазовом) пространстве. Координатами фазового пространства являются динамические переменные процесса. Каждому типу динамического поведения соответствует свой аттрактор и, естественно, его геометрический образ – фазовый портрет. Например, динамика обычной химической реакции отвечает аттрактору типа устойчивой точки. Регулярным колебаниям (периодические режимы реакции Белоусова–Жаботинского) соответствует устойчивый предельный цикл. Этим классическим аттракторам соответствуют классические геометрические области: точка, замкнутая кривая (окружность, эллипс и т.д.) или поверхность в форме тора. В противоположность этому неупорядоченные траектории фазового портрета указывают на наличие хаотического аттрактора. К этому классу аттракторов относится и так называемый странный аттрактор, геометрическим образом которого в фазовом пространстве является фрактальный объект [4].

На рис. 2 представлен псевдофазовый портрет динамической системы, построенный в соответствии с методом временной сдвигки Паккарда по данным временного ряда ПК-1 (см. рис. 1, а).

Аналогичный вид имеет псевдофазовый портрет временного ряда ПА-1. Очевидно, что такого рода геометрические образы систем не отвечают представлениям о классических аттракторах, поэтому для выявления их природы



Рис. 2. Псевдофазовый портрет системы согласно ряда ПК-1



воспользуемся известным методом Грассберга–Прокаччия, в рамках которого используется следующая интегральная корреляционная функция:

$$C(r) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i,j,i \neq j}^N \Theta(r - |x_i - x_j|),$$

где  $N$  – число точек;

$\Theta$  – функция Хевисайда;

$r$  – заданное расстояние от точки  $x_i$ , на котором ведется подсчет точек

$$\begin{cases} \Theta, \text{ если } (r - |x_i - x_j|) > 0; \\ \Theta, \text{ если } (r - |x_i - x_j|) \leq 0; \end{cases}$$

$|x_i - x_j|$  – расстояние (промежуток времени) от  $i$ -й до  $j$ -й точки;

$x_i$  – точка фазового пространства с координатами.

$XPK(x), XPK(x + \Delta x), XPK(x + 2\Delta x), \dots, XPK(x + (D - 1)\Delta x)$ .

Корреляционный интеграл  $C(r)$  – доля пар точек на аттракторе, расстояние между которыми меньше чем  $r$ . В пределе  $r \rightarrow 0, N \rightarrow \infty$  и в отсутствие шума  $C(r) \sim r^{d_c}$ , где  $d_c$  – корреляционная размерность аттрактора.

Как показали расчеты, интегральная корреляционная функция анализируемого режима является инвариантной мерой (выполняется принцип скейлинга), что позволяет определить корреляционную размерность  $d_c$  геометрических образов аттракторов (см. таблицу на с. 135).

Установлено, что размерность для серии ПК-1 в двумерном (размерность пространства вложения  $D = 2$ ) псевдофазовом пространстве  $d_c = 1,92$  и в трехмерном ( $D = 3$ ) – 2,81. Для серии ПА-1 соответственно 1,93 и 2,91.

Метод Грассберга–Прокаччия позволяет также определить истинную размерность аттрактора ( $D_a$ ) и размерность пространства, в котором «живет» данный аттрактор. Для этого были построены фазовые траектории процесса в пространствах все большей размерности (до 35), определены их размерности  $d_c$  ( $\ln C(r) = d_c \ln(r)$ ). На рис. 3 представлен график зависимости размерности аттрактора  $d_c$  от размерности пространства вложения  $D$ .

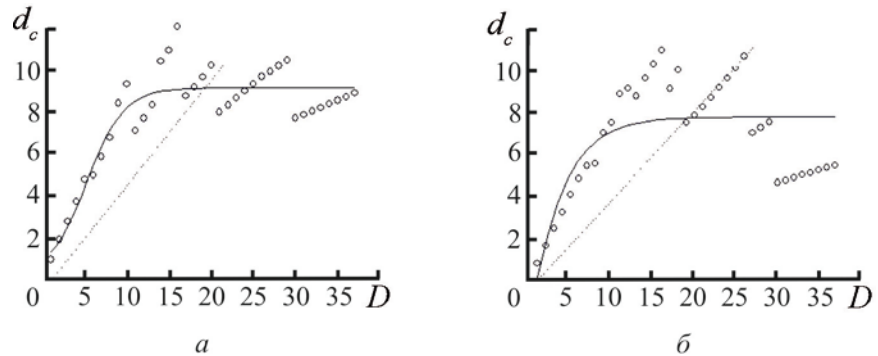


Рис. 3. Зависимость корреляционной размерности траекторий системы  $d_c$  от размерности пространства вложения  $D$ :  $a$  – по данным ПК-1;  $b$  – по данным ПА-1

Известно, для случайного процесса типа «белый шум» размерность фазовой траектории всегда равна размерности пространства вложения. Если же процесс имеет аттрактор, то зависимость размерности  $d_c$  от  $N$  должна выходить на плато. Согласно теоретическим представлениям [3], асимптотическое значение  $d_c$  представляет собой искомую величину размерности аттрактора  $D_a$ . Как видно из рис. 3, исследуемый процесс отнюдь не относится к классу случайного шума, поскольку зависимость выходит на плато. Оценка корреляционной размерности согласно теореме Такенса (пунктирная линия) дает для ряда ПК-1 размерность  $D_a = 8,9$ , для ряда ПА-1 –  $8,8$ . Соответственно, размерность пространства, в котором функционируют оба аттрактора составляет 9. Полученные данные показывают, что загрязненность сточных вод в терминах ХПК характеризуется как чрезвычайно сложная динамическая система с фрактальными свойствами, наличие которых подтверждается RS-анализом.

Статистический RS-анализ является весьма эффективным методом обнаружения эффектов самоорганизации и долговременной памяти, а также обнаружения периодических и непериодических циклов [1]. Результат RS-анализа есть вычисление показателя Херста ( $H$ ), который является статистической характеристикой структуры и определяется для временных рядов по уравнению

$$R/S = (\tau/2)^H,$$

где  $R$  – нормированный размах вариации (разность максимального и минимального значений измеряемого параметра);

$S$  – стандартное отклонение (корень квадратный от дисперсии);

$\tau$  – период (длина ряда) наблюдений.

Значения  $0,5 < H > 1,0$  характерны для систем с так называемым детерминированным хаосом, т. е. для систем в которых имеется та или иная форма упорядоченности. В частности, для фрактальных процессов  $H = 0,8 \pm 0,1$ . Процесс характеризуется долговременной памятью. Это означает, что последую-

щие показатели достаточно сильно зависят от предшествующих. Согласно Мандельброту, такие системы можно назвать инерционными.

Значения  $H$  в окрестностях  $0,5 \pm 0,1$  определяют собой область белого шума (например, броуновское движение), который соответствует «хаотично-му» поведению. Соответственно, надежность прогнозов относительно данной системы стремится к минимуму.

Временные зависимости, характеризуемые показателем Херста в области  $0,3 \pm 0,1$ , типичны для так называемых антиперсистентных процессов (эргодические ряды).

Проведена оценка показателя  $H$  для всех исследуемых временных рядов. Показатель Херста определяется как угловой коэффициент наклона линии регрессии исследуемой зависимости, построенной в двойных логарифмических координатах (рис. 4).

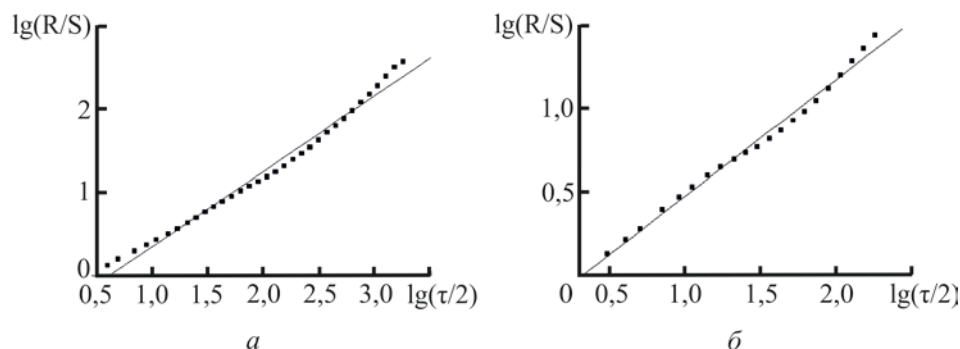


Рис. 4. Зависимость нормированного R/S размаха от временного промежутка  $\tau$ :  $a$  – для ряда ПК-1;  $b$  – ПК-2

Как видно из таблицы, для серии ПК-1 показатель  $H = 0,88$ ; практически аналогичное значение (0,90) получено для временной серии ПА-1.

Значения показателя  $H$  для всех четырех временных рядов укладываются в диапазон 0,5... 1,0 характерный для систем, которые называют детерминированными хаотическими системами. Значения фрактальной и корреляционной размерностей, приведенные в таблице, позволяют утверждать, что изучаемые временные последовательности характеризуются наличием

**Скейлинговые индексы динамики ХПК сточных вод**

Временной ряд	Показатель Херста $H$	Фрактальная размерность $d_f$	Корреляционная размерность псевдофазового портрета размерности $d_c$	
			$D = 2$	$D = 3$
ПК-1	$0,876 \pm 0,019$	1,12	1,92	2,81
ПА-1	$0,894 \pm 0,016$	1,11	1,93	2,91
ПК-2	$0,698 \pm 0,016$	1,30	–	–
ПА-2	$0,773 \pm 0,017$	1,25	–	–

внутреннего порядка, который определяется в настоящее время как фрактальный, а временная эволюция изучаемой системы представляет собой устойчивое динамическое состояние, называемое странным аттрактором [3]. Поэтому в данном случае можно говорить об обнаружении явления нелинейной динамической самоорганизации, так как в системе самопроизвольно устанавливается некий внутренний порядок фрактального типа, причем, в отличие от других, более простых вариантов самоорганизации, сопровождаемых образованием тривиальных, например, периодических структур, фрактальная (временная) структура обнаруживается лишь в фазовом пространстве.

Одним из важных результатов, который можно сделать на основе математического анализа данных мониторинга сточных вод является то, что показатели Херста и скейлинговые индексы, т. е. размерности системы  $d_f$  и  $d_c$  до и после очистных сооружений практически одинаковы. Это означает, что собственно физико-химические процессы очистки сточных вод являются тривиальными и предсказуемыми, а сложность системы предопределяется сложным поведением производственной деятельности предприятия. Реконструкция аттрактора системы и определение его размерности позволили оценить меру этой сложности и установить минимально необходимое число дифференциальных уравнений для создания модели формирования загрязненности проток. Реконструкция математической модели системы по временным рядам, отслеживание изменения ее параметров и накопление массива аналитических данных позволят в перспективе предсказывать наступление аномальных режимов деятельности промышленных предприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безручко Б.П., Смирнов Д.А. Математическое моделирование и хаотические временные ряды. Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2005. 320 с.
2. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 336 с.
3. Мун Ф. Хаотические колебания. М.: Мир, 1991. 312 с.
4. Рюэль Д., Такенс Ф. Странные аттракторы. М.: Мир, 1991. С. 117–151.
5. Секушин Н.А., Карманов А.П. Разработка новых подходов к описанию кинетики полихронного типа // Лесн. журн. 2006. №4. С. 120–131. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 29.01.14

УДК 547.992.3:51-74

#### Application of Non-Linear Dynamics Methods for Analysis of Results of Industrial Wastewater Monitoring

*A.P. Karmanov<sup>1</sup>, Doctor of Chemistry, Professor, Senior Research Scientist*

*L.S. Kocheva<sup>2</sup>, Doctor of Chemistry, Head of the Laboratory*

*T.N. Shchemelinina<sup>1</sup>, Candidate of Biology, Research Assistant*

<sup>1</sup>Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Division, Russian Academy of Sciences, Kommunisticheskaya str., 28, Syktyvkar, 167982, Russia; e-mail: apk0948@yandex.ru

<sup>2</sup>Institute of Geology, Komi Scientific Center, Ural Division, Russian Academy of Sciences, Pervomaiskaya str., 54, Syktyvkar, 167982, Russia; e-mail: tatyanakomi@mail.ru

At the complex of measures to reduce the anthropogenic pollution the important role belongs to the monitoring of the enterprises wastewater, implemented by quantifying and analyzing of the indexes of standardized quality wastewater at the treatment plants. This article is devoted to the study of the variability of the composition of wastewater of industrial enterprises in different periods of time with the help of modern methods of mathematical analysis of time-series describing the integral dynamics of the processes of receipt and disposal of pollutants. The main idea of this paper is the reconstruction and quantitative characteristics of the so-called dynamic attractor of the system. To solve this problem we used the results of the daily analytical determinations of COD (chemical oxygen demand), reflecting, as it is known, the total number of substances capable of chemical oxidation. For the quantitative and identifying patterns associated with the dynamics of the system was carried out the mathematical analysis of the geometric image of the dynamic mode - an attractor, which attracts the set of trajectories of the system in the D-dimensional phase space. For this purpose the device of fractal mathematics and chemical synergy involving the methods of the standardized range and Packard's pseudo-relative space was used. At the research it was carried out the reconstruction of the dynamics of the system at the time-series of COD and established the quantitative characteristics of the dynamic attractor of the system. These results suggest that the studied time-series are characterized by the presence of internal order, which is determined at the moment as a fractal. It means that the time evolution of the system is the stable dynamic state called "a strange attractor". The estimation of the Hurst exponent and the values of the correlation and fractal dimension of the attractor in the multidimensional spaces pseudo-relative spaces were determined. Thus, it is shown that in this system there are phenomena of nonlinear dynamic self-organization, which is also confirmed by RS-analysis of time-series. The Grassberg-Procaccia algorithm helped to establish the final dimension of the space within the attractor functions. The presented results demonstrate the perspective of using of the modern methods of nonlinear dynamics for the analysis of the functioning of the complex dynamic systems, which include the industrial companies.

*Keywords:* time-series, correlation dimension, Hurst exponent.

#### REFERENCES

1. Bezruchko B.P., Smirnov D.A. *Matematicheskoe modelirovanie i haoticheskie vremennye rjady* [Mathematical Modeling and Chaotic Time Evolutions]. Saratov, 2005. 320 p.
  2. Malinetsky G.G., Potapov A.B. *Sovremennye problemy nelinejnoj dinamiki* [Modern Problems of Non-Linear Dynamics]. Moscow, 2000. 336 p.
  3. Mun F. Chaotic Variations. Moscow, 1991. 312 p.
  4. Rjuel D., Takens F. Strange Attractors. Moscow, 1991. pp. 117-151.
  5. Sekushin N.A., Karmanov A.P. Razrabotka novyh podhodov k opisaniju kinetiki polihronnogo tipa [Elaboration of New Approach for Description of Polychronic Type Kinetics]. *Lesnoj zhurnal*, 2006, no. 4, pp. 120-131.
-

УДК 674.02+674.048.5

## **ЗАЩИТНАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ СМОЛОЙ НА ОСНОВЕ ФРАКЦИИ C<sub>9</sub>, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ОТХОДАМИ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА**

© *Н.С. Никулина*<sup>1</sup>, *преп.*

*Г.Ю. Вострикова*<sup>2</sup>, *канд. хим. наук, ст. преп.*

*А.И. Дмитренко*<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*

*О.Н. Филимонова*<sup>4</sup>, *д-р техн. наук, доц.*

*С.С. Никулин*<sup>4</sup>, *д-р техн. наук, проф.*

<sup>1</sup>Воронежский институт ГПС МЧС России, ул. Краснознаменная, 231, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: nad.nikulina2013@yandex.ru

<sup>2</sup>Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж, Россия, 394006; e-mail: vostr76-08@live.ru

<sup>3</sup>Воронежская государственная лесотехническая академия, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Россия, 394087; e-mail: chem@vglta.vrn.ru

<sup>4</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: olga270757@rambler.ru; e-mail: Nikulin\_sergey48@mail.ru

Рост промышленного потенциала сопровождается образованием и накоплением отходов и побочных продуктов, которые могут служить ценным исходным сырьем как для органического синтеза, так и в процессах получения различных полимерных составов для выпуска композиционных материалов различного назначения и др. Важной и актуальной задачей является повышение эксплуатационных свойств изделий, произведенных из вторичных материалов. Одним из таких перспективных направлений является модификация вторичных материалов. Разработка новых технологий приведет к расширению ассортимента выпускаемой продукции и позволит решить целый ряд проблем в области охраны окружающей среды. В предлагаемой работе рассмотрена возможность модификации нефтеполимерной смолы на основе фракции C<sub>9</sub> вторичным полиметилметакрилатом. Процесс модификации контролировали отбором проб из реактора и химическим анализом по изменению бромного и кислотного чисел. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что наилучшим образом процесс модификации протекает при содержании в нефтеполимерной смоле полиметилметакрилата (агента модификации) в количестве 5 % масс., продолжительности процесса 6 ч и температуре 210 °С. В этом случае кислотное число достигает максимального значения, бромное число уменьшается. С помощью метода планирования эксперимента по схеме греко-латинского квадрата четвертого порядка подобраны условия использования полученного продукта в качестве пропиточного состава для защиты материалов, изготовленных из древесины. Для пропитки использовали кислотный раствор модифицированной нефтеполимерной смолы с массовой долей 51,3 %. Результаты указывают на то, что применение модифицированных нефтеполимерных смол для пропитки древесины малоценных пород может повысить не только водостойкость изделий, но и улучшить ряд других показателей. Защитная обработка древесных материалов модифицированной нефтеполимерной смолой позволяет эффективно защитить древесину от неблагоприятных воздействий, продлить срок службы изделий на ее основе.

*Ключевые слова:* модификация, полиметилметакрилат, фракция С<sub>9</sub>, схема греко-латинского квадрата четвертого порядка, пропитка, водостойкость, нефтеполимерные смолы.

Сохранение окружающей среды является одной из важнейших проблем человечества. Рост промышленного потенциала сопровождается образованием и накоплением отходов и побочных продуктов как органического, так и неорганического происхождения. Отходы нефтехимических производств, к которым относятся и предприятия, производящие синтетические полимеры, содержат большое число разнообразных реакционноспособных соединений. Эти соединения могут служить ценным сырьем как для органического синтеза, так и для получения различных полимерных материалов, используемых в производстве лакокрасочных, пропиточных составов, композиционных материалов различного назначения и др. [5]. Известно что изделия, полученные из вторичных полимерных материалов, имеют худшие показатели, чем изготовленные из первичных. Поэтому важной и актуальной задачей является повышение эксплуатационных свойств изделий, произведенных из вторичных материалов. Перспективное направление, позволяющее повысить показатели материалов, получаемых из вторичного полимерного сырья, – их модификация.

В предлагаемой работе рассмотрена возможность модифицирования нефтеполимерной смолы на основе фракции С<sub>9</sub> вторичным полиметилметакрилатом. В ранее опубликованных исследованиях [2–4] была показана возможность модифицирования нефтеполимерных смол вторичным полистиролом, образующимся при производстве и переработке синтетических полимеров. В зависимости от природы модификатора и условий проведения процесса можно получать самые различные продукты. Одним из направлений использования получаемых продуктов является защитная обработка древесины, позволяющая защитить древесину от разрушительного воздействия агрессивных сред и продлить срок службы изделий на ее основе. Необходимо отметить, что для защитной обработки древесины могут быть использованы смолообразные и олигомерные материалы из отходов и побочных продуктов нефтехимии, которые нельзя использовать в лакокрасочной промышленности из-за высокой цветности, наличия опалесценции и др.

Цель данной работы – модифицирование нефтеполимерной смолы (НПС) фракции С<sub>9</sub> вторичным полиметилметакрилатом (ПММА) и защитная обработка полученным продуктом древесины и изделий на ее основе.

Изменение свойств НПС на основе фракции С<sub>9</sub> вторичным ПММА осуществляли следующим образом. В реактор, снабженный перемешивающим устройством, загружали НПС на основе фракции С<sub>9</sub> и вводили мелко измельченные отходы ПММА. Реактор герметично закрывали и помещали в термостат для поддержания заданной температуры. Модифицирование смолы осуществляли при температуре 175...250 °С. Выбор данной температуры базировался на том, что высокотемпературное разложение ПММА с образованием метилметакрилата (ММА) начинается при повышенных температурах. Обра-

зующийся MMA будет взаимодействовать в дальнейшем с молекулами НПС, подшиваясь к молекулам смолы. Учитывая возможность ухудшения цвета НПС за счет протекания окислительных процессов, модифицирование проводили в атмосфере азота.

На первом этапе оценивали влияние содержания линейного термопластичного полимера ПММА на свойства НПС фракции С<sub>9</sub>. Процесс модифицирования контролировали по изменению бромного и кислотного чисел (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение кислотного (мг КОН/г) и бромного (мг Br<sub>2</sub>/100 г) чисел\* в процессе модифицирования НПС**

Соержание ПММА, % масс., в НПС	Температура, °С	Продолжительность синтеза, ч			
		2	4	6	8
3	175	0,98/96,0	1,06/95,0	1,29/91,8	1,31/87,6
	210	1,06/94,0	1,02/86,8	1,28/81,8	1,30/75,1
	250	0,74/92,0	0,85/84,0	1,03/80,4	1,26/73,2
5	175	4,73/89,6	5,01/71,6	10,71/68,2	7,90/62,2
	210	6,97/84,0	7,54/69,2	9,22/65,8	8,66/61,6
	250	3,43/74,8	3,61/66,3	6,42/58,6	3,21/53,2
10	175	6,42/84,4	7,65/80,6	35,81/83,2	24,59/79,6
	210	12,71/80,4	13,27/73,8	14,95/58,8	8,34/52,0
	250	4,17/71,2	5,01/63,4	6,97/58,6	3,49/53,0

\* В числителе – кислотное число, в знаменателе – бромное.

Анализ полученных данных показал, что наилучшим образом изменение свойств происходит при содержании ПММА в НПС в количестве 5 % масс., продолжительности процесса 6 ч, температуре 210 °С. В этом случае кислотное число достигает максимального значения, бромное число уменьшается.

В выбранных условиях была получена модифицированная НПС со следующими показателями: кислотное число – 11,2 мг КОН/г; бромное число – 96,8 мг Br<sub>2</sub>/100 г.

На втором этапе был изучен процесс защитной обработки древесины осины с использованием метода планирования эксперимента. Исследование влияния таких факторов, как температура пропиточного состава, продолжительность пропитки, температура и продолжительность термообработки проводили с применением плана греко-латинского квадрата 4×4 [1]. Для каждого фактора были взяты следующие уровни варьирования: фактор *A* – температура пропиточного состава (40, 60, 80, 100 °С); фактор *B* – продолжительность пропитки (1, 3, 5, 7 ч); фактор *C* – температура термообработки (110, 130, 150, 170 °С); фактор *D* – продолжительность термообработки (1, 3, 5, 7 ч).

Для защитной обработки древесины осины использовали НПС, модифицированную ПММА с содержанием 5 % масс. (температура  $t_{\text{модиф}} = 210$  °С; продолжительность  $\tau_{\text{модиф}} = 6$  ч). Для пропитки использовали ксилольный раствор, содержащий данную НПС в количестве 51,3 % масс.



Согласно плану эксперимента образцы древесины осины размером 20×20×30 мм пропитывали, погружая в пропиточный раствор и выдерживая при заданных времени и температуре. После чего образцы вынимали из пропитывающего раствора и помещали для термообработки в камеру, в которой при заданной температуре их выдерживали определенное время. После этого образцы подвергали испытаниям, в которых определяли их водопоглощение, разбухание в радиальном и тангенциальном направлениях согласно общепринятым требованиям. Лучшие показатели (в процентах) были получены через 30 сут. Приведены уравнения регрессии через 1 и 30 сут. испытаний:

а) через 1 сут.

водопоглощение

$$Y(A, B, C, D) = 1,58 \cdot 10^{-5} (29,58 - 0,134a)(21,32 - 0,35b)(20,83 - 6,6 \cdot 10^{-3}c) \times (23,60 - 0,892d);$$

разбухание в радиальном направлении

$$Y(A, B, C, D) = 3,2 \cdot 10^{-2} (6,77 - 0,033a)(5,07 - 0,17b)(4,71 - 0,23 \cdot 10^{-2}c) \times (4,53 - 3,4 \cdot 10^{-2}d);$$

разбухание в тангенциальном направлении

$$Y(A, B, C, D) = 5,83 \cdot 10^{-3} (4,3 - 1,6 \cdot 10^{-2}a)(3,17 - 0,89 \cdot 10^{-2}b)(3,38 - 1,7 \cdot 10^{-3}c) \times (3,60 - 0,1132d);$$

б) через 30 сут.

водопоглощение

$$Y(A, B, C, D) = 1,41 \cdot 10^{-6} (85,345 - 3,609a)(72,45 - 3,047b) \times (65,23 - 3,8 \cdot 10^{-2}c)(60,93 - 0,26d);$$

разбухание в радиальном направлении

$$Y(A, B, C, D) = 1,02 \cdot 10^{-3} (11,68 - 4,9 \cdot 10^{-2}a)(8,88 - 0,185b)(10,131 - 0,017c) \times (9,14 - 0,25d);$$

разбухание в тангенциальном направлении

$$Y(A, B, C, D) = 1,16 \cdot 10^{-3} (9,9 - 5,9 \cdot 10^{-2}a)(3,18 - 0,89 \cdot 10^{-2}b)(7,05 - 0,01c) \times (6,31 - 0,1736d);$$

где  $a, b, c, d$  – уровни варьирования соответствующих факторов  $A, B, C, D$ .

По полученным регрессионным уравнениям для продолжительности 30 сут. были рассчитаны функции отклика. Отклонения между экспериментальными и расчетными значениями образцов древесины осины представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Погрешность между экспериментальными и расчетными значениями показателей образцов древесины осины через 30 сут.**

Показатель	Значение показателя		Погрешность, %
	экспериментальное	расчетное	
Водопоглощение, %	72,30	69,00	4,8
Разбухание %:			
в радиальном направлении	3,21	2,75	16,7
в тангенциальном направлении	0,44	0,39	12,5

Полученные нами экспериментальные данные указывают на то, что пропитка древесных материалов модифицированным низкомолекулярным сополимером фракции С<sub>9</sub> позволяет эффективно защитить древесину от неблагоприятных воздействий, продлить срок службы изделий на ее основе за счет снижения показателей водопоглощения и разбухания. Важно отметить, что для защитной обработки древесины использована НПС, полученная из побочных продуктов нефтехимии и модифицированная отходами ПММА. Использование отходов позволит решить ряд экологических проблем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачев Ю.П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. М.: ДеЛиПринт, 2005. 296 с.
2. Дмитренко А.И., Никулина Н.С., Филимонова О.Н., Вострикова Г.Ю., Никулин С.С. Влияние модифицированной нефтеполимерной смолы на свойства древесноволокнистых плит // Науч. вестн. ВГАСУ. Серия «Физико-химические проблемы строительного материаловедения и высокие технологии». 2011. Вып. 3-4. С. 52–55.
3. Дмитренко А.И., Филимонова О.Н., Вострикова Г.Ю., Никулин С.С. Модификация нефтеполимерной смолы из фракции С<sub>9</sub> отходами бутадиен-стирольного каучука и ее применение для защитной обработки ДВП // Лесн. журн. 2013. № 4. С. 97–105. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Дмитренко А.И., Филимонова О.Н., Никулина Н.С., Вострикова Г.Ю., Никулин С.С. Применение модифицированной нефтеполимерной смолы для улучшения свойств древесины и изделий на ее основе // Науч. вестн. ВГАСУ. 2013. Вып. 6. С. 39–44.
5. Никулин С.С., Шеин В.С., Злотский С.С., Черкашин М.И., Рахманкулов Д.Л. Отходы и побочные продукты нефтехимических производств – сырье для органического синтеза. М.: Химия, 1989. 240 с.

Поступила 17.03.14

УДК 674.02+674.048.5

### Protective Processing of Wood on the Basis of C<sub>9</sub> Fraction Modified by Polymethyl Methacrylate Waste

*N.S. Nikulina<sup>1</sup>, Lecturer*

*G.Yu. Vostrikova<sup>2</sup>, Candidate of Chemistry, Teaching Assistant*

*A.I. Dmitrenko<sup>3</sup>, Candidate of Engineering, Associate Professor*

*O.N. Filimonova<sup>4</sup>, Doctor of Engineering, Associate Professor*

*S.S. Nikulin<sup>4</sup>, Doctor of Engineering, Professor*

<sup>1</sup>Voronezh Institute of the State Fire Department of Emercom of Russia, Krasnoznamyonnaya str., 231, Voronezh, 394036, Russia; e-mail: nad.nikulina2013@yandex.ru

<sup>2</sup>Voronezh State Architectural and Construction University, 20 years of October str., 84, Voronezh, 394006, Russia; e-mail: vostr76-08@live.ru

<sup>3</sup>Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Timirjazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russia; e-mail: chem@vglta.vrn.ru

<sup>4</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution ave., 19, Voronezh, 394036, Russia; e-mail: olga270757@rambler.ru, e-mail: Nikulin\_sergey48@mail.ru

Industrial growth potential is accompanied by formation and accumulation of waste and by-products which can serve as a valuable raw material for the organic synthesis, and for the various polymer compositions which can be used in the composite materials of various purposes. The important and actual task is to improve the performance properties of the products produced from the recycled materials. One of such perspective directions is their modification. The development of new technologies will expand the range of the products and solve a number of problems in the field of environmental protection. In the present paper we consider the possibility of modifying the polymeric petroleum resin (PPR) based on C<sub>9</sub> fraction by the secondary polymethyl methacrylate (PMMA). The modification process was monitored by taking samples from the reactor and chemical analysis of changing of bromine and acid number. Analyzing the results, it can be concluded that the process of modification proceeds in the best way with the PMMA content as modifying agent 5,0 % mass in PPR, the process duration for 6 hours and a temperature of 210 °C. In this case, the acid number reaches a maximum, bromine number is reduced. By the method of the experiment planning according to the Greco-Latin square of the fourth order scheme we defined the conditions of use of this product as the impregnating composition to protect materials made from wood. We used xylene solution of modified PPR with a mass fraction of 51,3 % as an impregnation. The results indicate that the use of modified polymeric petroleum resins as an impregnation of the low value wood species can increase water resistance of products and improve a number of other indicators. Protective treatment of wood materials by modified PPR can effectively protect wood from the negative impacts and extend the service life.

*Keywords:* modification, polymethyl methacrylate, fraction C<sub>9</sub>, Greco-Latin square of the fourth order scheme, impregnation, waterproof, polymeric petroleum resins.

#### REFERENCES

1. Grachev Y.P., Plaksin Y.M. *Matematicheskie metody planirovaniya jeksperimenta* [Mathematical Methods of Experiment Planning]. Moscow, 2005. 296 p.
2. Dmitrenkov A.I., Nikulina N.S., Filimonova O.N., Vostrikova G.Y., Nikulin S.S. Vlijanie modificirovannoj neftepolimernoj smoly na svojstva drevesnovoloknistyh plit [Effect of Modified Polymeric Petroleum Resin at Fibreboards Properties]. *Nauchn. vestn. VGASU*, 2011, no. 3-4, pp. 52 -55.
3. Dmitrenkov A.I., Filimonova O.N., Vostrikova G.Y., Nikulin S.S. Modifikacija neftepolimernoj smoly iz frakcii S9 othodami butadien-stirol'nogo kauchuka i ejo primeneniye dlja zashhitnoj obrabotki DVP [Modification of Polymeric Petroleum Resin C<sub>9</sub> fraction by Styrene-Butadiene Rubber Waste and Its Application for Protective Treatment of Fibreboards]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 4, pp. 97-105.
4. Dmitrenkov A.I., Filimonova O.N., Nikulina N.S., Vostrikova G.Y., Nikulin S.S. Primeneniye modificirovannoj neftepolimernoj smoly dlja uluchsheniya svojstv drevesiny i izdelij na ejo osnove [Usage of Modified Polymeric Petroleum Resin for the Improvement of Properties of Wood and Wood Products]. *Nauchn. vestn. VGASU*, 2013, no. 6, pp. 39-44.
5. Nikulin S.S., Shein V.S., Zlotkiy S.S., Cherkashin M.I., Rahmankulov D.L. Othody i pobochnye produkty neftehimicheskikh proizvodstv – syr'e dlja organicheskogo sinteza [Waste and By-Products of Petrochemical Production – Raw Materials for the Organic Synthesis]. Moscow, 1989. 240 p.



УДК 338.512

### ПОРЯДОК И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ИХ НОРМИРОВАНИЯ

© *А.П. Бровин*<sup>1,2</sup>, *асп., рук. казначейско-финансовой службы*  
*А.В. Пластинин*<sup>2</sup>, *д-р эконом. наук, проф.*

<sup>1</sup>ООО «РН-Архангельскнефтепродукт», пос. Талаги, 30, Приморский район,  
Архангельская область, Россия, 163530; e-mail: apbrowin@gmail.com

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: a.plastinin@narfu.ru

Предприятия лесопромышленного комплекса для непрерывного обеспечения своей производственной деятельности используют большое количество номенклатурных позиций товарно-материальных ценностей. Поэтому одним из актуальных вопросов, стоящих перед руководством предприятий, является не только эффективное управление запасами, но и планирование прогнозных норм запасов. Результаты научных исследований обрабатывались экономико-математическими методами, разработанными для получения математических моделей. Предложен новый алгоритм и формула для расчета норм производственных запасов предприятий лесопромышленного комплекса Архангельской области на прогнозный период для различных номенклатурных групп. На основании полученных результатов определен порядок и условия применения классификации запасов, что позволяет использовать их для принятия своевременных управленческих решений. Представлена возможность по автоматизации расчетов в действующих ERP-системах предприятия.

*Ключевые слова:* прогнозирование норм запасов, ABC-анализ, XYZ-анализ, экстраполяция, нормирование.

Управление производственными запасами промышленного предприятия заключается в решении следующих основных задач:

- контроль уровня запасов в соответствии с их значимостью, управление которыми даст наибольший экономический эффект;
- определение размера необходимого запаса, т. е. нормы запаса;
- создание системы контроля за фактическим размером запаса и своевременным его пополнением в соответствии с установленной нормой.

На практике зачастую управление запасами промышленного предприятия сводится к решению одной или двух из перечисленных выше задач. В связи с этим возникла необходимость в разработке научно-обоснованного подхода, который позволит предприятию последовательно решить все поставленные задачи по управлению производственными запасами.

Нормой запаса будем считать минимальное количество предметов труда, которое должно находиться у промышленного предприятия для обеспечения бесперебойного снабжения производства продукции.

В российской и зарубежной практике для определения норм запасов используют различные методы. Рассмотрим один из экономико-математических методов, оптимально подходящий для решения поставленных задач – метод экстраполяции (сглаживания), который позволит перенести темпы, сложившиеся в образовании запасов в прошлом, на будущее. Например, имея информацию о размере запасов за прошедшие четыре периода, на основе метода экстраполяции можно определить размер запасов на предстоящий (пятый) период по следующей формуле:

$$Y_5 = 0,5 (2Y_4 + Y_3 - Y_1), \quad (1)$$

где  $Y_5$  – нормативный уровень запаса на предстоящий, пятый период [2];

$Y_1, Y_3, Y_4$  – уровни запаса (в стоимостном выражении) соответственно за первый, третий и четвертый периоды (год, квартал, месяц).

Таким образом, для определения нормы запаса для прогнозного периода  $n$  предлагаем использовать универсальную формулу:

$$Y_n = 0,5 (2Y_{n-1} + Y_{n-2} - Y_{n-4}), \quad (2)$$

где  $Y_n$  – норма запаса (в стоимостном выражении) для прогнозного периода  $n$ ;

$Y_{n-1}, Y_{n-2}, Y_{n-4}$  – уровни запаса за предшествующие периоды.

По нашему мнению, необходимо определять нормы тех запасов, управление которыми на предприятии будет наиболее эффективным. Эффективным и общепризнанным инструментом для определения наиболее важных номенклатурных групп запасов является ABC-анализ, XYZ-анализ и экстраполяции полученных результатов [1].

Для учета особенностей и специфики деятельности промышленных предприятий лесного комплекса Архангельской области нами рассчитаны и уточнены границы групп А, В, С и X, Y, Z с помощью метода экспертных оценок. В качестве пособия для расчетов части полученных данных использовался источник [3]. Результаты приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Границы групп запасов с применением метода экспертных оценок**

Группа запасов по степени важности	Процент от общего количества номенклатурных позиций
А (очень важные)	10
В (средней степени важности)	18
С (наименее важные запасы)	72

Таблица 2

**Границы групп запасов по степени прогнозируемости с применением метода экспертных оценок**

Группа запасов по степени прогнозируемости	Коэффициент вариации, %
X (высокая точность прогноза)	≤ 20
Y (средняя точность прогноза)	21...30
Z (низкая точность прогноза)	≥ 31

Примечание. Границы групп определены на основе полученной информации по отдельным видам материальных запасов лесопромышленных холдингов Архангельской области за 4 года\*.

Считаем, что условиями применения классификации наиболее экономически важных запасов производственных предприятий для их последующего нормирования (при использовании ABC- и XYZ-анализа и экстраполяции полученных данных) являются:

количество анализируемых периодов  $\geq 4$ ;

степень прогнозируемости использования запасов, коэффициент вариации  $\leq 20$ ;

оптимальная численность группы участников (экспертов)  $Z \geq 10$  чел.;

достаточно высокий уровень согласованности мнений экспертов при определении границ групп А, В, С; X, Y, Z, коэффициент конкордации Кендалла  $W > 0,7$ .

После выявления номенклатурных групп запасов, относящихся к наиболее экономически важной группе AX, считаем необходимым определить норму производственных запасов на прогнозный период путем подстановки фактических данных по запасам (в стоимостном выражении) в формулу (2) (где  $Y_n = NA_{ij}$  – нормативный уровень  $j$ -запаса группы А на прогнозный период  $i$ ).

Для определения нормы именно тех производственных запасов, которые дадут для предприятия наибольший экономический эффект, предлагаем использовать новую формулу:

$$NA_{ij} = 0,5(2 \underset{0,7 \leq W < v < L_x}{R} (A_{ij-1}) + \underset{0,7 \leq W < v < L_x}{R} (A_{ij-2}) - \underset{0,7 \leq W < v < L_x}{R} (A_{ij-4})), \quad (3)$$

где  $\underset{0,7 \leq W < v < L_x}{R}$  – ограничение по  $j$ -м запасам за  $i$ -й период;

$W$  – коэффициент конкордации Кендалла,

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^p \left( \sum_{j=1}^p x_{ij} - \frac{1}{2} m(p+1) \right)^2}{m^2(p^3 - p)};$$

\* По условиям предоставления аналитических данных наименование предприятий в данной научной статье не раскрывается.

$v$  – коэффициент вариации,

$$v = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}{p-1}}}{\bar{x}} \cdot 100 \% ;$$

$L_x$  – граница группы X, определяемая по W;

$A_{ij-n}$  – уровни запаса за  $i$ -е периоды  $j$ -го запаса группы А.

Отметим, что представленная формула является универсальной для принятия различных управленческих решений по нормированию запасов любых номенклатурных групп (А, В, С) с различной степенью прогнозируемости (X, Y, Z). Она примет следующий вид:

$$NS_{ij} = 0,5(2 \underset{0,7 \leq W < v < L_p}{R} (S_{ij-1}) + \underset{0,7 \leq W < v < L_p}{R} (S_{ij-2}) - \underset{0,7 \leq W < v < L_p}{R} (S_{ij-4})), \quad (4)$$

где  $NS_{ij}$  – нормативный уровень  $j$ -запаса групп А, В или С на прогнозный период  $i$  ( $S$  – от англ. *significance* – значимость, важность);

$S_{ij-n}$  – уровни запаса за  $i$ -периоды  $j$ -запаса групп А, В или С;

$\underset{0,7 \leq W < v < L_p}{R}$  – ограничение по  $j$ -запасам за  $i$ -период ;

$L_p$  – границы группы X, Y или Z, определяемая по W ( $P$  – от англ. *prediction* – прогнозирование).

Для расчета нормы оборота запасов номенклатурной группы АХ (в днях) взяли видоизмененную формулу И.Ф. Шера:

$$N_{AX} = \frac{\overline{O_c} \cdot 365}{NA_{ij}}, \quad (5)$$

где  $N_{AX}$  – норма запаса, дн., для номенклатурной группы АХ на прогнозный период;

$\overline{O_c}$  – средние остатки по запасу.

Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Рекомендуемые нормы запасов номенклатурной группы АХ  
для предприятий лесопромышленного холдинга  
Архангельской области**

Объект нормирования	Норма запаса, дн.
Черный щелок	26
Баланс бессортный	31
Топливо	22

Рассчитанные нормы товарных запасов могут использоваться в производственной деятельности при разработке планов товарного обеспечения; определении объема оборотных средств и необходимого размера кредита для их формирования; регулировании завоза товаров и оперативном управлении запасами, выявлении дефицита или формирования сверхнормативных запасов; контроле за обеспечением товарными запасами товарооборота, расчета плановой суммы затрат на хранение запасов товаров; совершенствовании статистического и управленческого учета и контроля товарных запасов и деятельности предприятия в целом, автоматизации бизнес-процессов.

#### *Выводы*

1. Одним из эффективных инструментов повышения качества управления запасами на производственных предприятиях является совмещение результатов ABC- и XYZ-анализа с сочетанием метода экспертных оценок и возможности экстраполяции полученных данных.

2. Предлагаемая нами расчетная формула позволяет определить нормы запаса на прогнозный период для различных номенклатурных групп запасов.

3. Автоматизация модели на базе действующей на производственном предприятии ERP-системы позволяет мгновенно реагировать на изменение текущей ситуации на рынке, конъюнктуры рынка и принимать эффективные и своевременные корректирующие действия в области управления материально-производственными ресурсами.

4. Регламентация порядка планирования закупок, списания их в производство, нормирования, описания требований к аналитической отчетности несомненно повлияет на оборачиваемость запасов, избавление от лишних товарных остатков и высвобождение части оборотных средств предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бровин А.П., Пластинин А.В. Использование системы классификации запасов для эффективного управления ими // Международные и национальные особенности прикладной экономики: сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2010. С. 24–27.

2. Гаджинский А.М. Логистика: учеб. пособие. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ИВЦ «Маркетинг», 2001. 263 с.

3. Стерлигова А.Н. Управление запасами широкой номенклатуры. С чего начать? // ЛогИнфо. 2003. № 12. С. 50–55.

Поступила 30.06.14

УДК 338.512

#### **Procedure and Conditions of Classification Use of Industrial Enterprises for Rationing**

*A.P. Brovin<sup>1,2</sup>, Postgraduate Student, Head of Treasury and Finance Department*

*A.V. Plastinin<sup>2</sup>, Doctor of Economics, Professor*

<sup>1</sup>LLC «RN-Arkhangelsknefteprodukt», Talagi, 30, Arkhangelsk Region, 163530, Russia; e-mail: apbrovin@gmail.com

<sup>2</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, 163002 Arkhangelsk, Russia; e-mail: a.plastinin@narfu.ru



Forestry enterprises to uninterrupted provide its operations use large amounts of nomenclature items of inventory. Therefore, one of the pressing issues, facing businesses, is not only an effective inventory management, but also the planning of predictive rules stocks. Research and their results were processed by economical and mathematical methods, developed for mathematical models. A new algorithm and the formula for calculating inventory norms of forestry enterprises in the Arkhangelsk region for the forecast period for different groups of nomenclature. Based on the results were determined the procedure and conditions of use classification of reserves, that can be used for timely management decisions in the field of material and production resources. The opportunity to automate calculations in the existing ERP-enterprise systems is presented.

*Keywords:* standard inventory forecasting, ABC-analysis, XYZ-analysis, extrapolation, rationing.

#### REFERENCES

1. Brovin A.P., Plastinin A.V. Ispol'zovanie sistemy klassifikatsii zapasov dlya effektivnogo upravleniya imi [Using of Reserves Classification System for Their Effective Management]. *Mezhdunarodnye i natsional'nye osobennosti prikladnoy ekonomiki: sbornik statey IVMezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [International and National Characteristics of Applied Economics: Collected Papers of IV Int. Sci. Conf.]. Penza, 2010, pp. 24-27.
  2. Gadzhinskiy A.M. *Logistika* [Logistics]. Moscow, 2001. 263 p.
  3. Sterligova A.N. Upravlenie zapasami shirokoy nomenklatury. S chego nachat'? [Management of Actual Reserves of Extensive Assortment]. *LogInfo: Zhurnal*, 2003, no. 12, pp. 50-55.
-



УДК 656.7.025

## **БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ В СИСТЕМЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ**

© *О.В. Скуднева, ст. преп.*

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
2-я Бауманская ул., 5, стр. 1, Москва, Россия, 105005; e-mail: chykchyk@yandex.ru

Для эффективного ведения лесного хозяйства необходимо оперативно получать текущую информацию о состоянии лесных массивов, подвергающихся воздействию стихийных факторов (лесные пожары, поражения вредителями) и уничтожению «черными лесорубами». Помимо этого, требуется систематически осуществлять таксирование лесов. Раньше эти работы проводились планомерно с применением доступных средств, в том числе малой авиации и космического мониторинга. По объективным причинам отработанная многолетним опытом система была нарушена, что привело к катастрофическим последствиям. Воссоздание современной мониторинговой службы крайне необходимо для лесного хозяйства, но сдерживается отсутствием парка самолетов, специально подготовленных пилотов и др. Рассмотрен вопрос о возможности применения беспилотных летательных аппаратов в лесном хозяйстве. Показана реальная возможность эффективного мониторинга лесных массивов с применением беспилотных летательных аппаратов, охарактеризованы их технические возможности и условия эксплуатации, отмечены высокая надежность и точность ориентирования с помощью навигационных средств и систем. Отечественная наука и промышленность обладают достаточной базой для создания беспилотников любого назначения для лесного хозяйства.

*Ключевые слова:* беспилотные летательные аппараты, лесные пожары, мониторинг, лесное хозяйство.

В переходный период к рыночным отношениям, из-за разрушения по известным причинам системы лесоуправления, актуализировалась проблема обнаружения лесных пожаров в транспортно недоступных таежных регионах. Ежегодно в лесах Российской Федерации возникает до 40 тыс. лесных пожаров, ущерб от которых оценивается миллиардами рублей.

Внедрение новых технологий обнаружения лесных пожаров на ранних стадиях позволит своевременно принимать меры к их локализации и тушению, минимизировать потери.

Решение проблемы раннего обнаружения лесных пожаров и контроль обстановки, оперативное принятие мер против незаконной заготовки древесины возможно за счет мониторинга лесных территорий с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В недалеком прошлом для мониторинга лесных пожаров и доставки грузов в труднодоступные регионы широко при-

менялась малая авиация, были созданы специальные службы авиационной охраны лесов, подготовлены высококлассные специалисты-авиаторы. К сожалению, эта система была нарушена, что привело к катастрофическим последствиям в деле охраны лесов в России.

Очевидно, что восстановление полноценной службы мониторинга лесных массивов и охраны лесов от пожаров является насущной и первоочередной задачей лесного хозяйства [1]. Однако воссоздание такой службы в первоизданном виде практически невозможно из-за отсутствия парка специальных самолетов и вертолетов, сложности поддержания их в исправности (летной годности), невозможности проведения надлежащего техобслуживания (отсутствие запасных частей, дороговизна топлива, изношенность бортового оборудования, низкий уровень остаточного ресурса двигателей и др.). Сказывается и недостаток квалифицированных пилотов, имеющих специальную подготовку, а также технических кадров для обслуживания самолетов и вертолетов. Кроме того, применение авиации в лесном хозяйстве в настоящее время очень затратно.

Поэтому необходим менее затратный и более эффективный способ решения задач, стоящих перед лесным хозяйством и выполняемых ранее с помощью авиации.

В этой связи особый интерес представляют БПЛА различной грузоподъемности, дальности полетов, технической оснащенности.

В различных странах активно проводятся работы по созданию БПЛА в основном для военных целей. Современный уровень техники (развитие электронной промышленности, наличие высокоточных спутниковых навигационных систем, миниатюризация элементной базы) позволил значительно расширить возможности этих аппаратов. Практически БПЛА – это роботизированная автономная система различных конструктивных форм исполнения, предназначения и стоимости. Благодаря использованию фото- и видеокамер и оперативной автоматизированной обработке этой информации аппараты применяются для контроля за состоянием лесных массивов, обнаружения вырубki леса, очагов пожаров и затоплений. Очень эффективно БПЛА могут осуществлять метеонаблюдения на различных высотах и значительных территориях, контролировать ледовую и экологическую обстановку, вести учет диких животных и др.

Во многих регионах существует острая потребность в доставке грузов, химических и технических средств для защитной обработки лесных массивов и пожаротушения, которая не производится из-за отсутствия круглогодично применяемых транспортных средств (например, речных судов и др.). Использование БПЛА в таких целях – это ближайшая вполне реальная перспектива.

При создании транспортного БПЛА изменяется подход к разработке его конструкции: снижаются жесткие требования по теплоизоляции, герметизации, поддержанию комфортной температуры и влажности, подлежат пересмотру нормативы допустимых для конструкции летательного аппарата перегрузок, вибраций и т. д. С применением новых высокопрочных материалов из

армированных нитей возможно уменьшить массу БПЛА в 2–2,5 раза. Такие материалы практически не намокают, поэтому снижается риск обледенения и повреждения корпуса аппарата, нет необходимости иметь на борту противообледенительную систему.

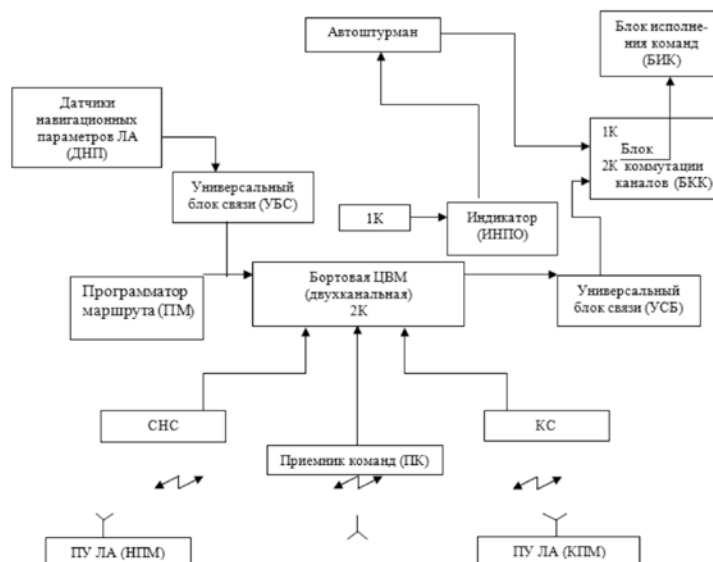
Таким образом, снижение требований к внешним воздействиям и использование новых технологий при изготовлении корпуса аппарата из сверхпрочных и сверхлегких материалов позволит значительно упростить конструкцию и увеличить грузоподъемность БПЛА.

В качестве вычислителя на БПЛА используется бортовая цифровая вычислительная машина (ЦВМ) или вычислительные средства штурмана.

В целях повышения точности навигации применяют спутниковые навигационные системы (СНС) Глонасс, GPS, определяющие с высокой точностью навигационные параметры, за исключением курса летательного аппарата (ЛА) [2, 3]. К сожалению, СНС имеют низкую помехоустойчивость, и зоны их устойчивой работы не могут охватить все районы на территории России. Чтобы исключить зависимость от работы СНС, необходимо иметь наземные пульты управления (ПУ) ЛА на начальном (НПМ) и конечном пунктах маршрута (КПМ), передающие команды на приемник команд (ПК) ЛА [4, 6].

Необходимым требованием для безусловного выполнения задач сброса груза в место доставки или автономной посадки, в том числе в условиях плохой видимости и при неустойчивой работе СНС, является высокая точность определения курса – гирополукомпасного или истинного. Это способна обеспечить высокоточная курсовая система (КС).

На рисунке приведена структурная блок-схема навигационно-пилотажной аппаратуры с автоштурманом (ИНПО – индикатор навигационно-пилотажной обстановки; 1К и 2К – каналы управления).



Навигационные задачи решает автоштурман. Пилот управляет ЛА по данным, рассчитанным бортовой ЦВМ на основании показаний (измерений) штатных датчиков навигационных параметров, полученных от СНС, КС, ПК и заданных исходных данных от программатора маршрута (ПМ).

Для транспортного БПЛА структурная блок-схема навигационно-пилотажной аппаратуры отличается наличием второго (дублирующего) канала автомата-навигатора взамен контура управления, связанного с пилотом, отсутствующим на БПЛА. Сложность внедрения такого навигационного оборудования заключается в разработке и отладке программно-математического обеспечения – математических формульных зависимостей, алгоритмов и программы бортовой ЦВМ. Эта инженерная задача требует учета всех условий и особенностей полета штатного пилотируемого ЛА с автоштурманом и особенностей полета транспортного БПЛА.

Необходимо отметить, что вопросы взлета и посадки на бетонную взлетно-посадочную полосу, при необходимом наземном обеспечении в базовых аэропортах, как и полет по маршруту, успешно реализованы на отечественных беспилотных самолетах, оборудованных навигационно-пилотажным комплексом с ЦВМ.

Для транспортных БПЛА взлет и посадка с необорудованных площадок, полет при отсутствии наземных средств обеспечения полетов, полет в условиях неустойчивой работы СНС и других средств радиокоррекции, по-нашему глубокому убеждению, решаемая задача [5].

Следует отметить, что отечественная наука и промышленность располагают достаточной базой для создания БПЛА любого назначения. В настоящее время решение ряда технологических задач лесного хозяйства может быть ускорено с помощью создаваемого в России в 2014 г. Государственного центра беспилотной авиации и позицией Министерства по чрезвычайным ситуациям по применению БПЛА.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евдокименко М.Д.* География и причины пожаров в Байкальских лесах // Лесн. журн. 2013. № 4. С. 30 – 39. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Мелешко В.В., Габбасов С.М., Корнейчук В.В., Манохин В.И., Скуднева О.В.* Аналитическое гирокомпасирование инерциальной платформы // Вісник НТУУ КПІ. 2007. Вип. 35. С. 31–40.
3. *Мелешко В.В., Корнейчук В.В., Скуднева О.В.* Самоориентирующий указатель курса // Вісник НТУУ КПІ. 2008. Вип. 36. С. 5–12.
4. *Одинцов А.А., Мелешко В.В., Шаров С.А.* Ориентация объектов в магнитном поле Земли: учеб. пособие. К.: Корнейчук, 2008. 152 с.
5. Пат. РФ № 2465555. G01C 23/00. Навигационный комплекс. Заявл. 01. 2006; Оpubл. 2011.
6. *Самтокин Б.Б., Мелешко В.В., Степанковский Ю.В.* Навигационные приборы и системы: учеб. К.: Вища шк. 1986. 343 с.

Поступила 19.03.14

УДК 656.7.025

### Unmanned Airborne Vehicles in the Forestry Sector of Russia

*O.V. Skudneva, Senior Lecturer*

Bauman Moscow State Technical University, 2-Baumanskaya, 5, Moscow, 105005, Russia;  
e-mail: chykchyk@yandex.ru

For effective forest management it is need to quickly obtain current information on the condition of forests affected by natural factors - forest fires, damages by pests, and also subjected to destruction «black lumberjacks». Also it is need to systematically implement forests valuation. In due time this work was carried planning with the use of available facilities, including small aviation and partly space monitoring. On objective reasons the outgoing system, spent many years of experience, was broken, which led to catastrophic consequences. The reconstruction of a modern monitoring service is vital to forestry, but it is constrained by the absence of the aeroplanes, specially trained pilots and other.

The question has been considered about the possible use of unmanned airborne vehicles in forestry. The article shows the real possibility of effective monitoring of forestry with the use of unmanned airborne vehicles. Technical capabilities of unmanned airborne vehicles and conditions of their operation have been characterized, the high reliability of the devices and orientation accuracy, using the navigation tools and systems, have been marked. It has been noted that the domestic industry and science has a sufficient base for the creation of unmanned airborne vehicles for any purpose forestry.

*Keywords:* forest fires, monitoring, forestry, unmanned airborne vehicles.

#### REFERENCES

1. Evdokimenko M.D. Geografiya i prichiny pozharov v Baykal'skikh lesakh [Forest Fire Causes and Distribution in the Baikal Region]. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 4, pp. 30-39.
2. Meleshko V.V., Gabbasov S.M., Korneychuk V.V., Manokhin V.I., Skudneva O.V. Analiticheskoe girokompasirovanie inertsiyal'noy platformy [Analytical Gyrocompassing of All-Inertial Platform]. *Visnyk Nacional'nyj tehnichnyj universytet Ukrainy «Kyiv's'kyj politehnichnyj instytut», Pryladobuduvannja*, 2007, vol. 35, pp. 31-40.
3. Meleshko V.V., Korneychuk V.V., Skudneva O.V. Samoorientiruyushchiysya ukazatel' kursa [Self-Orientating Pathfinder]. *Visnyk Nacional'nyj tehnichnyj universytet Ukrainy «Kyiv's'kyj politehnichnyj instytut», Pryladobuduvannja*, 2008, vol. 36, pp. 5-12.
4. Odintsov A.A., Meleshko V.V., Sharov S.A. *Orientatsiya ob"ektov v magnitnom pole Zemli* [Orientation of Objects in the Earth's Magnetic Field]. Kiev, 2008. 152 p.
5. *Patent RF № 2465555 CL G01C 23/00 (2006.01) Navigatsionnyy kompleks* [Navigation Set]. 2011.
6. Samotokin B.B., Meleshko V.V., Stepankovskiy Yu.V. *Navigatsionnye pribory i sistemy* [Navigation Devices and Systems]. Kiev, 1986. 343 p.

УДК 630\*18

## СОСНА СКРУЧЕННАЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИНТРОДУЦЕНТ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ МАЛЫХ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ

© *Н.А. Бабич<sup>1</sup>, д-р с.-х. наук, проф.*

*М.М. Андропова<sup>2</sup>, канд. техн. наук*

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: les@agtu.ru

<sup>2</sup>Вологодский институт права и экономики Федеральной службы исполнения наказаний, ул. Щетинина, 2, г. Вологда, Россия, 160002

Вопрос озеленения малых северных городов европейской части России крайне мало освещен в научной литературе. С этой точки зрения затронутая в статье проблема безусловно является актуальной. При озеленении малых городов Европейского Севера преимущественно используют саженцы местных древесных и кустарниковых пород. Как известно, для аборигенной дендрофлоры региона характерна естественно-историческая бедность. Цель исследований – обоснование возможности обогащения породного состава зеленых насаждений г. Кадников (Вологодская область) путем интродукции сосны скрученной (*Pinus contorta* Dougl). Введение в состав городских зеленых насаждений интродуцентов дендрофлоры рассматривается с двух позиций: первая – повышение биологического разнообразия городской экологической системы; вторая (основная) – испытание в стресс-ситуации, которой является урбанизированная среда городов, средозащитного потенциала интродуцентов. В основу исследований посадок сосны скрученной положен метод сплошной инвентаризации. Качество семян определено по общепринятой в лесном семеноводстве методике. Исследования проведены в 10-летних посадках сосны скрученной (*Pinus contorta* Dougl), произрастающей в Вологодской области (59°30' с.ш. и 40°20' з.д.). На основе анализа таксационных показателей, качества семян с учетом декоративности мужских «соцветий», оригинальности формы кроны доказана возможность введения в состав зеленых насаждений малых городов сосны скрученной. Культуры характеризуются высокими показателями роста в высоту и по диаметру. У 11 % учтенных растений имеется двухвершинность ствола. Если в традиционном лесоводстве данный порок ствола нежелателен, то в городских зеленых насаждениях его скорее следует считать оригинальным показателем декоративности общего габитуса кроны сосны скрученной. Качество семян сосны скрученной соответствует III классу. По полученным данным можно сделать следующее заключение: при озеленении малых северных городов сосну скрученную следует рекомендовать как равноценную альтернативу сосне обыкновенной.

*Ключевые слова:* интродукция, сосна скрученная, малый город, стресс-ситуация, озеленение, дендрофлора.

При озеленении малых городов Европейского Севера (численность населения до 50 тыс. чел.) преимущественно используют саженцы местных древесных и кустарниковых пород. Но известно, что для аборигенной дендрофлоры региона характерна естественно-историческая бедность. Плейстоце-

новое оледенение явилось причиной вымирания многих видов, что привело к ограничению разнообразия современной флоры.

Введение интродуцентов дендрофлоры в состав городских зеленых насаждений рассматривали с двух позиций. Первая – это повышение биологического разнообразия городской экологической системы, вторая (основная) – испытание средозащитного потенциала интродуцентов в стресс-ситуации, которой является урбанизированная среда городов. При положительных результатах – более широкое культивирование их в лесах Европейского Севера или в озеленении северных городов.

С этой точки зрения северо-американская сосна скрученная (*Pinus contorta* Dougl) представляет определенный интерес. В Лесной энциклопедии (1986 г.) сосна скрученная характеризуется как интересная для озеленения, достаточно морозостойкая и засухоустойчивая порода. А.Я. Любавская и О.Н. Виноградова [3] включили сосну скрученную в список дополнительного ассортимента для озеленения г. Москвы, городов и поселков Московской области.

В регионе накоплен обнадеживающий опыт по выращиванию посадочного материала этой породы и культивированию ее в разнообразных условиях местопроизрастания [4, 6, 9, 10, 12, 13 и др.]. Однако для городских условий в пределах Европейского Севера подобные исследования ранее не проводились.

Объектом наших исследований служили 10-летние посадки сосны скрученной, произрастающей в г. Кадников (59°30' с. ш. и 40°20' з. д.) Вологодской области, созданные 3-летними сеянцами с закрытой корневой системой. Семена заготовлены в 1997 г. на плантации в Алексинском лесничестве Кадниковского лесхоза, посадочный материал выращен в Вологодском селекционно-семеноводческом лесохозяйственном центре. Всего учтено 136 растений данной породы, 13 из них усохшие, что согласуется с выводами В.Н. Нилова [5], полученными в посадках, произрастающих в различных лесорастительных условиях Архангельской области. По данным В.Н. Нилова общий отпад через 5...7 лет после посадки составляет 6...14 % от числа высаженных растений.

Деревья достигли средней высоты 5,1 м и диаметра (6,5 ± 0,2) см, что соответственно на 75 и 91 % выше по сравнению с посадками сосны обыкновенной, произрастающей в кисличном типе условий местопроизрастания южной подзоны тайги (данные Л.Ф. Ипатова) [2]. О более успешном росте сосны скрученной в пределах таежной зоны европейской части России по сравнению с сосной обыкновенной отмечают Б.Л. Стафеев [11], Б.В. Раевский, А.А. Мордась [8], П.А. Феклистов, С.Ю. Бирюков, А.Л. Федяев [13].

В процессе инвентаризации выявлена двухвершинность у 14 сосен, т. е. у 11 % учтенных экземпляров. О встречаемости «двойчатки» стволов сосны скрученной в условиях Карелии сообщают Б.В. Раевский и А.А. Мордась [7]. В зависимости от условий местопроизрастания, по данным П.А. Феклистова,



С.Ю. Бирюкова, А.Л. Федяева [13], двухвершинность встречается у 30 % от всех культивируемых растений.

Если в традиционном лесоводстве данный порок ствола нежелателен, то в городских зеленых насаждениях его скорее следует считать оригинальным показателем декоративности общего габитуса кроны сосны скрученной.

Биологической особенностью этой породы является ее раннее вступление в генеративную фазу (примерно с 5-летнего возраста). Ее микростробилы очень декоративны (см. фотографию).



Микростробилы сосны скрученной

Масса 1000 шт. семян *Pinus contorta* Dougl урожая 2012 г. составляет 2,73 г, что почти в 2 раза меньше, чем у сосны обыкновенной. Техническая всхожесть семян по трем повторностям 32, 43, 45 % (в среднем 40 %). Причиной образования нежизнеспособных семян может быть влияние промышленных и транспортных эмиссий на генеративные органы или нехватка пыльцы. Например, В.М. Алексеев [1, стр. 13] отмечает: «В раннем возрасте у сосны скрученной количество производимой пыльцы бывает недостаточно, что в свою очередь приводит к ее дефициту и снижению выхода полнозернистых семян».

Следует отметить очень высокую энергию прорастания семян (на 7-й день учета проросло 39 % семян от числа взятых для проращивания). Кроме того, чем выше энергия прорастания, тем выше техническая и грунтовая всхожесть.

Принято считать, что процесс акклиматизации растений окончен, если интродуцент вступил в репродуктивную фазу и дает полноценные семена в достаточном для самопроизводства количестве.

С учетом полученных результатов и анализа опубликованных ранее данных можно утверждать, что в условиях малого города Европейского Севе-

ра сосна скрученная характеризуется успешным ростом и развитием; обладает высокими показателями декоративности; качество семян сосны скрученной соответствует примерно III классу, т. е. ее можно рекомендовать при озеленении малых северных городов как равноценную альтернативу сосне обыкновенной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.М.* Лесокультурные испытания перспективных пород интродуцентов на территории Новгородской области: автореф. дис. ... канд. с.-х наук. СПб., 2009. 19 с.
2. *Ипатов Л.Ф.* Строение и рост культур сосны на Европейском Севере. Архангельск. Северо-Запад. кн. изд-во, 1974. 107 с.
3. *Любавская А.Я., Виноградова О.Н.* Селекционная оценка древесных растений, применяемых для озеленения г. Москвы. М.: МЛТИ, 1983. 128 с.
4. *Мордась А.А. Раевский Б.В.* Всхожесть семян и рост сосны скрученной в Карелии // Лесоведение. 1992. № 1. С. 89–94.
5. *Нилов В.Н.* Введение новых ценных деревьев и кустарников в культуру на Севере // Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие: междунар. симп. Архангельск, 16-26 июля 1990 г. Ч. II. М., 1990. С. 140–147.
6. *Нилов В.Н., Стафеев Б.Л.* Сосна скрученная в плантационных посадках Архангельской области. Лесоводство, лесоразведение, лесные пользования // Экспресс-информ. М.: ЦБНТИ, 1987. С. 12–21.
7. *Раевский Б.В., Мордась А.А.* Рост и продуктивность испытательных культур сосны скрученной в Южной Карелии // Лесн. журн. 2000. № 5-6. С. 74–81. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Раевский Б.В., Мордась А.А.* Ход роста культур сосны скрученной в подзоне средней тайги // Лесн. журн. 2005. № 1-2. С. 22–32. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. *Стафеев Б.Л.* Североамериканская сосна скрученная – перспективная порода для интродукционного испытания в Архангельской области // Вопросы интродукции хозяйственно ценных древесных пород на Европейский Север. Архангельск: АИЛиЛХ, 1989. С. 35–43.
10. *Стафеев Б.Л.* Особенности выращивания сеянцев сосны скрученной в Архангельской области // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1989 г. Архангельск: АИЛ и ЛХ, 1990. С. 79–80.
11. *Стафеев Б.Л.* Рост сосны скрученной в Архангельской области // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1990 г. Архангельск: АИЛ и ЛХ, 1991. С. 32–33.
12. *Феклистов П.А., Бирюков С.Ю.* Сезонный рост сосен скрученной и обыкновенной в северной подзоне тайги // Лесн. журн. 2006. № 6. С. 24–29. (Изв. высш. учеб. заведений).
13. *Феклистов П.А., Бирюков С.Ю., Федяев А.Л.* Сравнительные эколого-биологические особенности сосны скрученной и обыкновенной в северной подзоне европейской тайги. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2008. 118 с.

Поступила 19.12.13

УДК 630\*18

### **Lodgepole Pine – a Perspective Introduced Species for Greening of Northern Smaller Cities**

*N.A. Babich*<sup>1</sup>, *Doctor of Agriculture, Professor*

*M.M. Andronova*<sup>2</sup>, *Candidate of Engineering*

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: les@agtu.ru

<sup>2</sup>Vologda Law and Economics Institute of the Federal Penal Service, Schetinina, 2, Vologda, 160002, Russia

The planting of greenery question in small northern cities on the European part of Russia is very little covered in the scientific literature. From this point of view, the problem is affected in the article is certainly actual. For planting of greenery in small cities of the European North the nursery transplants of local arboreal and shrub breeds are mainly used, but as it is known, for an aboriginal dendroflora of region naturalistic poverty is characteristic. Aim of the researches - to ground possibility of enriching of pedigree composition of green plantations in Kadnikov of the Vologda Region by introduction a shore pine (*Pinus contorta Dougl*).

Introduction in the complement of municipal green plantations of introduced dendroflora is examined from two positions. First is an increase of biological variety of the municipal ecological system. The second position, basic, is test in stress situation, that is the urbanized environment of cities, potential of introductions. The basis of studies of shore pine plantations is a method of continuous inventory. Seed quality was determined by generally accepted technique in the forest seed production. The studies were conducted in 10-year-old shore pine plantations (*Pinus contorta Dougl*), growing in Kadnikov of the Vologda Region. Based on the analysis of valuation indicators, seed quality, taking into account the decorative male "inflorescences", original form of the crown, has been proved the possibility of the shore pine introduction in the green areas of small towns. Cultures are characterized by high growth indicators of height and diameter. In 11 % of registered plants bimodality of trunk is marked. If in traditional forestry this defect of trunk is undesired, in municipal green planting it should rather be considered as an original measure of the habitus decoration of the crown of shore pine. Seed quality of shore pine corresponds to class III of quality seeds of Scotch pine. These studies should make the following conclusion: when planting in small northern cities shore pine should be recommended as an equivalent alternative to the Scotch pine.

*Keywords:* introduction, lodgepole pine, small city, stress-situation, planting of greenery, dendroflora.

#### REFERENCES

1. Alekseev V.M. *Lesokul'turnye ispytaniya perspektivnykh porod introdutsentov na territorii Novgorodskoy oblasti: Avtoref. dis....* Kand. Sel'skokhoz. Nauk [Forest Cultural Trials of Perspective Introduced Species on the Territory of Novgorod Region: Avtoref. Dis. ... Cand. Agric. Sci.]. Saint-Petersburg, 2009. 19 p.

2. Ipatov L.F. *Stroenie i rost kul'tur sosny na Evropeyskom Severe* [Structure and Growth of Pine Croppers at the European North]. Arkhangelsk, 1974. 107 p.
  3. Lyubavskaya A.Ya., Vinogradova O.N. *Selektsionnaya otsenka drevesnykh rasteniy, primenyaemykh dlya ozeleneniya g. Moskvy* [Estimating Selection Value of Tree Croppers, Used in the Planting of Greenery of Moscow]. Moscow, 1983. 128 p.
  4. Mordas' A.A. Raevskiy B.V. *Vskhozhest' semyan i rost sosny skruchennoy v Karelii* [Seed Viability and Growth of Lodgepole Pine in Karelia]. *Lesovedenie*, 1992, no. 1, pp. 89-94.
  5. Nilov V.N. *Vvedenie novykh tsennykh derev'ev i kustarnikov v kul'turu na Severe* [Introduction of New Valuable Trees and Shrubs into forest plantings in the Russian North]. *Mezhdunarodnyy simpozium «Severnye lesa: sostoyanie, dinamika, antropogennoe vozdeystvie»* [International symposium "Northern Forests: condition, dynamics, anthropogenic impacts]. Moscow, 1990, pp. 140-147.
  6. Nilov V.N., Stafeev B.L. *Sosna skruchennaya v plantatsionnykh posadkakh Arkhangel'skoy oblasti* [Lodgepole Pine in Forest Plantations in Arkhangelsk Region]. *Ekspress-inform*, Moscow, 1987, vol. 13, pp. 12-21.
  7. Raevskiy B.V., Mordas' A.A. *Rost i produktivnost' ispytatel'nykh kul'tur sosny skruchennoy v Yuzhnoy Karelii* [Growth and Efficiency of Lodgepole Pine in Experimental Plantings in Southern Karelia]. *Lesnoy zhurnal*, 2000, no.5-6, pp. 74-81.
  8. Raevskiy B.V., Mordas' A.A. *Khod rosta kul'tur sosny skruchennoy v podzone sredney taygi* [Growth Progress of Lodgepole Pine Plantation in the Middle Taiga Subzone]. *Lesnoy zhurnal*, 2005, no. 1-2, pp. 22-32.
  9. Stafeev B.L. *Severo-amerikanskaya sosna skruchennaya – perspektivnaya poroda dlya introduktsionnogo ispytaniya v Arkhangel'skoy oblasti* [North-American Lodgepole Pine – a Perspective Species for Experimental Introduction in the Arkhangelsk Region]. *Voprosy introduktsii khozyaystvenno tsennykh drevesnykh porod na Evropeyskiy Sever* [On the introduction of economically Valuable Tree Species to the European North]. Arkhangelsk, 1989, pp. 35-43.
  10. Stafeev B.L. *Osobennosti vyrashchivaniya seyantsev sosny skruchennoy v Arkhangel'skoy oblasti* [Peculiarities of Growing Lodgepole Pine Seedlings in the Arkhangelsk Region]. *Materialy otchetnoy sessii po itogam NIR za 1989 g.* [Proceedings of a reporting session on the results of research works, provided in 1989]. Arkhangelsk, 1990, pp. 79-80.
  11. Stafeev B.L. *Rost sosny skruchennoy v Arkhangel'skoy oblasti* [The growth of Lodgepole Pine in the Arkhangelsk Region]. *Materialy otchetnoy sessii po itogam NIR za 1990 g.* [Proceedings of a reporting session on the results of research works, provided in 1990]. Arkhangelsk, 1991, pp. 32-33.
  12. Feklistov P.A., Biryukov S.Yu. *Sezonnyy rost sosen skruchennoy i obyknovennoy v severnoy podzone taygi* [Seasonal Growth of Shore Pine in Northern Taiga Subzone]. *Lesnoy zhurnal*, 2006, no. 6, pp. 24-29.
  13. Feklistov P.A., Biryukov S.Yu., Fedyaev A.L. *Sravnitel'nye ekologo-biologicheskie osobennosti sosny skruchennoy i obyknovennoy v severnoy podzone evropeyskoy taygi* [Comparison of Ecologic-Biological Peculiarities of lodgepole Pine and Scotch Pine in the Northern Taiga Subzone of the Arkhangelsk Region]. Arkhangelsk, 2008. 118 p.
-

УДК 630\*18

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ ИНТРОДУЦЕНТОВ

© *О.С. Залывская, канд. с.-х наук, доц.*

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

Цель исследований – изучить особенности адаптации интродуцентов древесной и кустарниковой флоры в городских условиях на Севере. Состояние дендроинтродуцентов оценивали по методике Н.А. Кохно, вычисляя акклиматизационное число, используя показатели, наиболее важные при интродукции на Север (зимостойкость, генеративное развитие, сезонный рост) с учетом коэффициента их весомости. Высшую комплексную оценку адаптивной способности получили следующие интродуценты: тополь бальзамический, смородина золотистая, арония черноплодная, ирга обильноцветущая, роза морщинистая; низшую – кедр сибирский, кизильник блестящий. Хорошая адаптационная способность у караганы древовидной, боярышника кроваво-красного, бузины красной, дерна белого, жимолости татарской, ели колючей, липы мелколистной, сирени венгерской. Результаты комплексной оценки адаптационной способности интродуцентов позволяют рекомендовать их для применения в городах и поселках Архангельской области.

*Ключевые слова:* интродуценты, адаптация, комплексная оценка, генеративное развитие, зимостойкость, сезонный рост.

Растения – базовый компонент урбозооэкосистемы. Они не только обеспечивают привлекательный декоративный облик, но и создают особый микроклимат, благоприятный для жизни людей. Важнейшим условием создания эффективных зеленых насаждений является подбор устойчивого ассортимента пород с использованием инорайонных, способных оздоравливать среду обитания и длительно сохранять декоративность.

Бедность древесной и кустарниковой флоры северных регионов ограничивает количество пород, пригодных для зеленого строительства. Внедрение в озеленение новых родов, видов и форм приводит к увеличению числа интродуцентов, входящих в состав городских сообществ.

Цель исследований – дать комплексную адаптационную оценку интродуцентов древесной и кустарниковой флоры в условиях Севера по ряду наиболее значимых показателей.

Основные исследования комплексной оценки адаптивной способности интродуцентов проводили в г. Северодвинске Архангельской области в течение 2002 – 2011 гг. В настоящее время дендрофлора города представлена 26 видами. Деревья: березы повислая и пушистая, ель колючая, кедр сибирский (сосна кедровая сибирская), липа мелколистная, лиственница Сукачева, ольха черная, рябина обыкновенная, тополя дрожащий (осина) и бальзамиче-

ский, черемуха обыкновенная, яблоня ягодная (сибирская). Кустарники: арония черноплодная (рябина черноплодная), боярышник кроваво-красный (сибирский), бузина красная (костистая), дерен белый (сибирский), жимолость татарская, ива козья, ирга обильноцветущая, калина обыкновенная, карагана древовидная (акация желтая), кизильник блестящий, роза иглистая, роза морщинистая, сирень венгерская, смородина золотистая.

Из них интродуцентами региона являются 16 видов из 9 семейств: арония черноплодная, боярышник кроваво-красный, бузина красная, дерен белый, ель колючая, жимолость татарская, ирга обильноцветущая, карагана древовидная, кедр сибирский, кизильник блестящий, липа мелколистная, роза морщинистая, сирень венгерская, смородина золотистая, тополь бальзамический, яблоня ягодная [1, 3].

Состояние дендроинтродуцентов оценивали по методике Н.А. Кохно, вычисляя акклиматизационное число [4]. При этом использовали показатели, наиболее важные при интродукции на Север: зимостойкость, генеративное развитие, сезонный рост с учетом коэффициентов их весомости.

*Зимостойкость* является результатом как исторического, так и онтогенетического развития растений в определенных условиях внешней среды. Она не является постоянным свойством, зависит от целого ряда условий, и попытка объяснить ее каким-либо одним фактором или свойством растения обычно не имеет успеха. Зимостойкость растений одного и того же вида зависит от географического происхождения семян, а также варьирует среди разно- и одновозрастных насаждений. В первые годы жизни у большинства инорайонных древесных растений подмерзают однолетние и двулетние побеги, в дальнейшем их зимостойкость поднимается. Она также повышается в последующих поколениях репродукторов. Результаты оценки зимостойкости растений дают основание судить о перспективности растений для введения в зеленые насаждения города.

Зимостойкость является одним из основных биологических признаков, определяющих возможность интродукции на Север [6, 7]. Для климата Архангельской области характерна частая смена воздушных масс. Вторжение холодного арктического воздуха в летние месяцы часто вызывает заморозки в период вегетации, при этом от них не гарантирован ни один летний месяц. После окончания поздневесенних заморозков, в результате которых могут повреждаться начавшие рост побеги, оценивали зимостойкость наблюдаемых деревьев и кустарников.

Известно, что основным показателем устойчивости вида в новых условиях является *способность растений давать семенное потомство*. Образование полноценных семян имеет особое значение для последующей акклиматизации растений, так как при этом создаются возможности отбора более стойких особей в семенном потомстве интродуцентов.

*Регулярность прироста побегов* зависит от географического происхождения, возраста, благоприятного сочетания погодных условий

вегетационного периода (прежде всего количества осадков, температуры воздуха и почвы). При переселении инорайонных деревьев и кустарников проявляется тенденция к сокращению годичного прироста, уменьшению размеров по сравнению с теми же видами, произрастающими в естественных местообитаниях [5].

Акклиматизационное число определяли как интегрированный числовой показатель:

$$A = P \cdot B_1 + Gr \cdot B_2 + Zm \cdot B_3,$$

где P – оценка роста;

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> – коэффициенты весомости признаков: B<sub>1</sub> = 2, B<sub>2</sub> = 5, B<sub>3</sub> = 13;

Gr – оценка генеративного развития;

Zm – оценка зимостойкости.

Генеративное развитие оценивали по качеству семян, зимостойкость – по шкале Главного ботанического сада (ГБС) РАН, рост интродуцентов – по интенсивности сезонного прироста побегов (в миллиметрах за вегетационный период [2]; при этом абсолютные величины в миллиметрах переводили в баллы: за каждые 100 мм – 1 балл).

Зимостойкость оценивали в начале вегетации путем учета степени повреждения интродуцентов морозами, резкими сменами температур и другими неблагоприятными факторами зимнего периода. Зимостойкость видов неизбежно влияет на внешний вид растений и оценивается по 7-балльной шкале ГБС. При этом в нашей шкале 5 баллов присваивается растению с зимостойкостью I балл по шкале ГБС; 4 – II; 3 – III и IV; 2 – V; 1 – VI; 0 – VII баллам по шкале ГБС соответственно.

Характер генеративного развития устанавливали с применением глазомерно-статистического метода оценки интенсивности цветения и плодоношения В.Г. Каппера с одновременным учетом качества семян по ГОСТ 13056.1–67 – 13056.11–68 (Семена деревьев и кустарников. Правила отбора образцов и методы определения посевных качеств семян).

По качеству семян деревья и кустарники были разделены на 5 групп. Высокие показатели качества (80...100 %) имеют инорайонные арония черноплодная, дерен белый, карагана древовидная, роза морщинистая, тополь бальзамический, смородина золотистая; хорошие (79...60 %) – боярышник кроваво-красный, жимолость татарская, ирга обильноцветущая, сирень венгерская; средние (59...40 %) – кизильник блестящий, липа мелколистная; низкие (39...20 %) – березы пушистая и повислая; очень низкие (19 % и менее) – бузина красная, ель колючая. Относительно этих групп начислялись баллы за качество семян – от 1 до 5. Баллы по оценке цветения и плодоношения суммировались с баллами по качеству семян, образуя общий балл генеративного развития.

Итоговую (комплексную) оценку адаптивной способности видов осуществляли по следующей шкале: 100–80 баллов адаптационного показателя –

адаптация полная; 79–60 – хорошая; 59–40 – удовлетворительная; 39–20 – слабая; менее 20 – адаптация очень слабая [4].

Результаты комплексной оценки акклиматизационной способности интродуцентов в г. Северодвинске представлены в таблице.

По нашим исследованиям, к наиболее зимостойким относятся хвойные интродуценты – кедр сибирский и ель колючая, а также инорайонный

#### Оценка состояния интродуцентов

Интродуцент	Сезонный рост побега		Генеративное развитие				Зимостойкость		Акклиматизационное число	Адаптивная способность
	мм	балл	Цветение и плодоношение, балл	Качество семян		Общий балл	по шкале ГБС	балл		
				%	балл					
Арония черноплодная ( <i>Aronia melanocarpa</i> )	450	4	3-4	85	5	9	II	4	105	Полная
Боярышник кроваво-красный ( <i>Crataegus sanguinea</i> )	350	3	4	72	4	8	IV	2	74	Хорошая
Бузина красная ( <i>Sambucus racemosa</i> )	530	5	4-5	9	1	6	III	3	84	Хорошая
Дерен белый ( <i>Cornus alba</i> )	400	4	3-4	93	5	9	IV	2	84	Хорошая
Ель колючая ( <i>Picea pungens</i> )	109	1	4-5	2	1	6	II	4	84	Хорошая
Жимолость татарская ( <i>Lonicera tatarica</i> )	350	3	4-5	77	4	9	IV	2	77	Хорошая
Ирга обильноцветущая ( <i>Amelanchier florida</i> )	410	4	3-4	79	4	8	II	4	100	Полная
Липа мелколистная ( <i>Tilia cordata</i> )	360	3	3-4	50	3	7	II	4	93	Хорошая
Кизильник блестящий ( <i>Cotoneaster lucidis</i> )	340	3	3	54	3	6	IV	2	62	Удовлетворительная
Роза морщинистая ( <i>Rosa rugosa</i> )	260	2	4-5	96	5	10	II	4	111	Полная
Сирень венгерская ( <i>Syringa josikae</i> )	420	4	4	75	4	8	IV	2	74	Хорошая
Тополь бальзамический ( <i>Populus balsamifera</i> )	240	2	4-5	80	5	10	II	4	106	Полная
Смородина золотистая ( <i>Ribes aureum</i> )	400	4	4-5	98	5	10	I	5	128	Полная
Кедр сибирский ( <i>Pinus sibirica</i> )	60	1	Не достигли возраста семеношения				II	4	54	Удовлетворительная
Карагана древовидная ( <i>Caragana arborescens</i> )	340	3	4-5	85	5	10	III	3	95	Хорошая



кустарник – смородина золотистая (обмерзает не более 10 % длины однолетних побегов). Арония черноплодная, ирга обильноцветущая, роза морщинистая, тополь бальзамический по зимостойкости не уступают аборигенам и обмерзают не более чем на 30 % длины однолетних побегов. Процент обмерзания липы мелколистной, бузины красной, караганы древовидной варьирует от 40 до 70 %. У сирени венгерской, кизильника блестящего, жимолости татарской, дерна белого, боярышника кроваво-красного обмерзают однолетние и более старые побеги, но эти виды обладают высокой побеговоспроизводительной способностью. В целом обмерзание изученных интродуцентов позволяет им не терять своей декоративности в течение вегетационного периода.

Расчет акклиматизационного числа показал, что наивысшую комплексную оценку адаптивной способности получили следующие интродуценты: тополь бальзамический, смородина золотистая, арония черноплодная, ирга обильноцветущая, роза морщинистая, низшую – кедр сибирский, кизильник блестящий. Хорошая адаптационная способность у караганы древовидной, боярышника кроваво-красного, бузины красной, дерна белого, жимолости татарской, ели колючей, липы мелколистной, сирени венгерской.

Результаты комплексной оценки адаптационной способности интродуцентов позволяют рекомендовать их для применения в городах и поселках Архангельской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабич Н.А., Залывская О.С., Травникова Г.И.* Интродуценты в зеленом строительстве северных городов: моногр. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2008. 144 с.
2. *Булыгин Н.Е.* Фенологические наблюдения над древесными растениями Л.: ЛТА, 1979. 96 с.
3. *Залывская О.С., Бабич Н.А., Хрущева С.В.* Свинец в системе почва–древесное растение в урбанизированной среде // Лесн. журн. 2009. № 1. С. 39–43.
4. *Кохно Н.А.* К методике оценки успешности интродукции лиственных древесных растений // Теория и методы интродукции растений и зеленого строительства. К.: Наук. думка, 1980. 80 с.
5. *Лапин П.И., Сиднева С.В.* Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М.: Наука, 1973. С. 7–67.
6. *Малаховец П.М., Тисова В.А.* Декоративные деревья и кустарники на Севере. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 127 с.
7. *Малаховец П.М., Тисова В.А.* Краткое руководство по озеленению северных городов и поселков. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 108 с.

Поступила 12.05.12

УДК 630\*18

### Comprehensive Evaluation of Adaptive Capacity of Introduced Species

**O.S. Zalyvskaya, Candidate of Agriculture, Associate Professor**

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

The purpose of the research is to study the peculiarities of adaptation of introduced wood and shrub flora in urban areas of the North. Dendrointroducents were evaluated by the method of Kohno, calculating the number of acclimatization, using the most important at the introduction in the North indicators (hardiness, generative development, seasonal growth), taking into account their weight ratio. The Highest comprehensive assessment of adaptive capacity received the following introduced species: balsam poplar, golden currant, chokeberry Aronia, Saskatoon profusely, rose wrinkled; the lowest comprehensive assessment received Siberian cedar, brilliant cotoneaster. Pea tree, blood-red hawthorn, red elderberry, turf white, honeysuckle, spruce barbed, linden, lilac Hungarian have good adaptability. The results of a comprehensive assessment of the adaptive capacity of introduced species allow us to recommend to use them in the cities and towns of the Arkhangelsk region.

*Keywords:* introduced species, adaptation, integrated assessment, generative development, winter hardiness, seasonal growth.

#### REFERENCES

1. Babich N.A., Zalyvskaya O.S., Travnikova G.I. *Introducenty v zelenom stroitel'stve severnyh gorodov: monografiya* [Introduced Species in Green Construction of the Northern Cities: Monograph]. Arkhangelsk, 2008. 144 p.
2. Bulygin N.E. *Fenologicheskie nabljudeniya nad drevesnymi rasteniyami* [Phenological Observations of Woody Plants]. Leningrad, 1979. 96 p.
3. Zalyvskaya O.S., Babich N.A., Khrushchyova S.V. Svinec v sisteme pochva-drevesnoe rastenie v urbanizirovannoy srede [Lead in the System Soil – Woody Plant in an Urban Environment]. *Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 1, pp. 39-43.
4. Kohno, N. A. *K metodike ochenki uspehnosti introdukcii listvennyh drevesnyh rastenij* [On the Methods of Assessing the Success of the Introduction of Deciduous Woody Plants]. *Teoriya i metody introdukcii rastenij i zelenogo stroitel'stva* [Theory and Methods of Introduction of Plants and Green Construction]. Kiev, 1980. 80 p.
5. Lapin P. I., Sidneva S.V. *Ocenka perspektivnosti introdukcii drevesnyh rastenij po dannym vizual'nyh nabljudenij* [Assessment of the Prospects of Introduction of Woody Plants According to Visual Observations] *Opyt introdukcii drevesnyh rastenij* [Experience of Introduction of Wood Plants]. Moscow, 1973. pp. 7-67.
6. Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Dekorativnye derev'ja i kustarniki na Severe* [Ornamental Trees and Shrubs in the North]. Arkhangelsk, 2002. 127 p.
7. Malakhovets, P.M., Tisova V.A. *Kratkoe rukovodstvo po ozeleneniju severnyh gorodov i poselkov* [Quick Guide to Greening of the Northern Cities and Towns]. Arkhangelsk, 1999. 48 p.



ЮБИЛЕИ

**РАДЕТЕЛЮ РУССКОГО ЛЕСА, АКАДЕМИКУ РАН  
НИКОЛАЮ АЛЕКСАНДРОВИЧУ МОИСЕЕВУ – 85 ЛЕТ**

Николай Александрович Моисеев, выдающийся русский ученый-лесовод, родился 13 декабря 1929 г. В свои 85 лет он по-прежнему в первых рядах борцов за Русский лес! Именно он в составе «могучей кучки» ветеранов лесной науки возглавляет бескомпромиссную борьбу с опасными начинаниями реформ лесного сектора.

Вклад акад. Н.А. Моисеева в развитие лесной науки получил высокую оценку не только российских и зарубежных ученых, но и руководства нашей страны.

В 1976 г. он был награжден орденом Трудового Красного Знамени, в 1979 г. ему присвоено звание «Заслуженный лесовод РСФСР». Николай Александрович является почетным членом научного лесного общества Финляндии (1984 г.), членом исполкома международного союза лесных исследовательских организации (IUFRO) (1976–1985 гг.), почетным доктором лесохозяйственных наук Дрезденского технического университета (1986 г.), почетным членом Итальянской лесной академии (1987 г.), членом Международного совета IUFRO (1986–1990 гг.), иностранным членом (академиком) Королевской академии сельского и лесного хозяйства Швеции (1995 г.), академиком Академии наук Финляндии (1997 г.).

В 1985 г. он был избран членом-корреспондентом ВАСХНИЛ, в 1988 г. – академиком ВАСХНИЛ, в последующем – академиком-секретарем отделения лесного хозяйства и агролесомелиорации академии. Н.А. Моисеев – председатель координационного совета директоров научно-исследовательских институтов России (1971–1996 гг.), почетный член Международной академии наук высшей школы (1994 г.).

В 1999 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки РФ», в 2003 г. вручена благодарность Президента России за активное участие в разработке «Экологической доктрины». В 2004 г. награжден золотой медалью Г.Ф. Морозова за цикл работ «Основы прогнозирования использования и



воспроизводства лесных ресурсов». За активную работу в Научно-экспертном совете при Председателе Совета Федерации в 2009 г. он получил именную благодарность от С.М. Миронова.

В 2003 г. избран почетным доктором С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, в 2013 г. –Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. В 2014 г. Н.А. Моисеев стал академиком РАН.

На трудовом пути Н.А. Моисеева можно отметить три этапа, строго не ограниченные временными рамками, но обусловленные характером деятельности. Первый – накопление научного базиса. Он начался еще в студенческие годы, на занятиях в научном кружке при кафедре лесоводства Ленинградской лесотехнической академии под руководством академика И.С. Мелехова. Его дипломный проект по анализу лесоустройства Бузулукского бора в 1954 г. представлял уже зрелое научное исследование. Поэтому в 1957 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию, посвященную анализу состояния дубрав Поволжья и поиску путей их восстановления. Следующая ступень в научной карьере Моисеева – проведение исследований в таежных лесах в должности научного сотрудника, позже директора Архангельского института леса и лесохимии и научного сотрудника ВНИИЛМа. Эти исследования посвящены вопросам стратегической организации лесопользования уже в симбиозе лесоводства и экономики. Путь к докторской диссертации был непрост. Николай Александрович обосновывал принципиально новый подход к теории воспроизводства лесных ресурсов на основе непрерывного неистощительного и многоцелевого пользования лесом. Этот подход противоречил господствовавшей в то время теории стадийного развития лесных отраслей, последствиями которой были перерубы расчетных лесосек, кочующие леспромхозы, временные поселки и временные транспортные схемы. Однако Николай Александрович все-таки вынес свою докторскую диссертацию на суд научной общественности и в 1974 г. успешно защитил ее.

Диссертация послужила научным базисом для дальнейших творческих исканий и развития актуального направления в лесной науке. В 70–80-х гг. прошлого века публикуются его многочисленные работы по вопросам прогнозирования динамики лесопользования, экономической оценке леса, методологии расчета размеров лесопользования, оптимизации развития и размещения лесного комплекса, повышению продуктивности лесов. Николай Александрович критически изучает зарубежный опыт, дискутирует с иностранными коллегами, выступает на международных лесных конгрессах. Международный союз лесных исследовательских организаций (IUFRO) отмечает его плодотворную деятельность наградой.

Другой важный этап трудового пути Н.А. Моисеева – успешная административно-производственная деятельность. С 1970 г. по 1977 г. Н.А. Мои-

сеев работал начальником управления науки, передового опыта и внешних отношений – членом коллегии Государственного комитета СССР по лесному хозяйству, в 1977–1996 гг. – возглавлял ВНИИЛМ. С 1997 г. и по настоящее время проф. Н.А. Моисеев заведует кафедрой экономики и организации лесного хозяйства и лесной промышленности Московского государственного университета леса.

Весомый этап деятельности – политический, когда на большого ученого, крупного деятеля ложится ответственность за судьбу русского леса, за будущность лесного сектора страны. В 1996–2004 гг. он был председателем научного совета по подпрограмме «Российский лес» Федеральной целевой научно-технической программы приоритетных исследований по разделу «Экология и рациональное природопользование».

Его политическое кредо: безусловное сохранение государственной собственности на лес, преимущества которой доказывают мировой опыт и лучшие умы человечества; рациональное использование лесных ресурсов на основе неистощительного и многоцелевого лесопользования, научно обоснованное стратегическое планирование развития лесного сектора на основе эффективного лесоустройства. При этом Н.А. Моисеев имеет в виду планирование государственное, а не стихийное, регулируемое так называемым рынком. Он выступает за рентные платежи при пользовании лесом, позволяющие обеспечивать финансовые ресурсы на эффективное восстановление и приумножение лесных богатств, а также за действенную государственную поддержку и надежные приоритеты лесному сектору страны, в том числе и преданной делу лесной охраны из профессионалов-лесоводов.

«Лесной журнал» не случайно выбран для поздравления Николая Александровича Моисеева. Его связывают с журналом не только корреспондентские, но и земляческие узы. Вообще-то Моисеев – гражданин «всея Руси». Его родовые крестьянские корни в Орловской и Тамбовской губерниях, где жили его прадеды. Место рождения и первого прикосновения к лесному делу в качестве студента Бузулукского лесхоз-техникума – южные окраины лесного пояса России в Оренбуржье. Студенчество и аспирантура проходили в Питере, в стенах главного очага российской лесной науки. Он побывал в научных экспедициях в разных лесных уголках страны: Поволжье, Карелия, Вологодчина. С Архангельским Севером отношения у Николая Александровича особые. Сюда, в глухие таежные дебри, на противоположный край лесного пояса России, его, двухмесячного, привез прадед Сергей за пазухой своей овчинной шубы в составе этапа высланных крестьян. В поселке спецпереселенцев сформировалась личность будущего ученого. После окончания аспирантуры он работал в Архангельском институте леса и лесохимии АН СССР. После Архангельска была крутая карьера ученого и государственного деятеля, мировая известность, но связь с Севером сохранялась всегда.

От имени лесоводов России, регионального сообщества ученых, благодарных земляков и редколлегии «Лесного журнала» поздравляем Николая Александровича Моисеева со славным юбилеем и желаем здоровья, счастья и продолжение творческой жизни!

© *Д.В. Трубин, заслуженный лесовод РФ, канд. с-х наук*

*В.И. Мелехов, заслуженный деятель науки РФ, проф., д-р техн. наук*

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

**The Guardian of the Russian Forests, Academician of the Russian Academy of Sciences Nikolay Moiseev – 85 Years.**

*D.V. Trubin, honoured forester of Russian Federation, Candidate of Agriculture*

*V.I. Melekhov, honoured scientist of Russian Federation, Professor, Doctor of Engineering*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: t.turikova@narfu.ru

---

---



ПАМЯТИ УЧЕНЫХ

**ПАМЯТИ РОСТИСЛАВА ЕВГЕНЬЕВИЧА КАЛИТЕЕВСКОГО  
(18.05.1924 – 04.10.2014)**

4 октября 2014 г., после тяжелой и продолжительной болезни, в возрасте 90 лет ушел из жизни старейший сотрудник С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, член-корреспондент Международной академии наук высшей школы Ростислав Евгеньевич Калитеевский.

Ростислав Евгеньевич родился 18 мая 1924 г. в д. Любегощи Весьегонского района Тверской области. После окончания средней школы в г. Ленинграде и работы шофером на одном из ленинградских лесопильно-деревообрабатывающих заводов в мае 1942 г. ушел добровольцем на Балтийский флот.

После окончания Великой Отечественной войны поступает во Всесоюзный заочный лесотехнический институт (ВЗЛТИ) на механико-технологический факультет лесотехнической академии имени С.М. Кирова (ЛТА) по специальности инженер-механик. Совмещая учебу и работу сначала мастером деревообрабатывающего оборудования в Ленинградском высшем художественно-промышленном училище им. В.И. Мухоминой и, позднее, преподавателем кафедры физического воспитания в ЛТА, заканчивает ВЗЛТИ в 1952 г. и поступает очную аспирантуру ЛТА.

После успешной защиты в 1956 г. кандидатской диссертации на тему «Теоретические основы производительности главного технологического процесса в лесопильном производстве» был направлен на работу в Москву, во Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторский институт деревообрабатывающего машиностроения (ВНИИДМАШ), в котором за двенадцать лет прошел путь от старшего научного сотрудника до начальника отдела оборудования и автоматизации лесопильного производства.

Под руководством и при непосредственном участии Ростислава Евгеньевича во ВНИИДМАШ проводились важнейшие исследования в области организации лесопильного производства и разрабатывались всесоюзные типажи нового, прогрессивного оборудования для лесопильного производства, принятые к серийному выпуску.

С 1968 г. по 1972 г. работал в Московском лесотехническом институте в должности доцента кафедры, летом 1972 г. был избран по конкурсу заведующим кафедрой автоматики ЛТА. Кандидатуру Р.Е. Калитеевского единогласно поддержал факультет механической технологии древесины и все общественные структуры академии. За время успешной работы на кафедре автоматики Ростислав Евгеньевич разработал новый цикл лекций по автоматизации производственных процессов деревообработки. В декабре 1972 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Теория лесопильных потоков», в которой сформулированы основные направления развития лесопильного производства, разработана методика, позволяющая производить расчет и оптимизацию комплексно-механизированных и автоматизированных линий не только в лесопильных потоках, но и на ряде участков и линий деревообрабатывающих и других производств, обосновал принципы проектирования и изготовления агрегатированной системы создания оборудования для комплексно-механизированных и автоматизированных процессов сортировки, окончательной обработки и пакетирования пиломатериалов.

В 1978 г. Р.Е. Калитеевский избран по конкурсу на должность профессора кафедры лесопильного производства и гидротермической обработки древесины, которой позднее заведовал (с 1998 г. по 1999 г.). С 2004 г. и до выхода на пенсию работал в должности профессора объединенной кафедры технологии деревообрабатывающих производств.

Р.Е. Калитеевским опубликовано около 200 печатных работ, среди них 8 монографий и 2 учебника. Такие его труды, как «Проектирование лесопильных потоков» (1972 г.), «Автоматизация производственных процессов в лесопилении» (1972 г.), «Технология лесопиления» (1986 г.), «Теория и организация лесопиления» (1995 г.), не утратили своей актуальности и по сей день. В монографии «Лесопиление в XXI веке: технология, оборудование, менеджмент» (2005 г. и 2008 г.) представлены современные процессы производства пиломатериалов и примеры расчета производственной мощности лесопильных предприятий, а также процессов подготовки пиловочного сырья к обработке и окончательной обработки пиломатериалов.

В одной из своих последних книг «Информационные технологии в лесопилении» (2010 г.) Ростислав Евгеньевич как основатель и руководитель этого направления подытожил результаты своей полувековой работы в области лесопиления, указав вектор развития современной лесопильной промышленности России.

Р.Е. Калитеевский являлся научным руководителем и консультантом шестнадцати кандидатов и двух докторов технических наук. Он был скорее наставником, учителем, щедро делившимся своими глубокими знаниями и дарившим блестящие научные идеи своим ученикам.

В 1996 г. Р.Е. Калитеевский избран действительным членом Российской академии естественных наук и членом-корреспондентом Международной академии наук высшей школы.

Плодотворная научная деятельность Ростислава Евгеньевича отмечена присвоением звания «Заслуженный деятель науки РФ». Он награжден орденом Отечественной Войны II степени и медалями «За оборону Ленинграда», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941 – 1945 гг.», «60 лет Вооруженных Сил СССР», «Ветеран труда», медалью Петра I «За заслуги в деле возрождения науки и экономики России».

Коллеги и ученики Ростислава Евгеньевича глубоко скорбят о его кончине и вспоминают его с теплом и благодарностью.

© *А.В. Селиховкин, В.И. Онегин, В.В. Сергеевичев,  
А.Н. Чубинский, В.А. Втюрин, А.М. Артеменков, В.И. Мелехов*

**In Memory of Rostislav Evgenyevich Kaliteevsky**

*A.V. Selikhovkin, V.I. Onegin, V.V. Sergeevichev, A.N. Chubinsky, V.A. Vtyurin,  
A.M. Artemenkov, V.I. Melekhov*

---



УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»  
в 2014 г.

**Комаров В.В.** Международный год лесов. № 1-9.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

**Алексеев В.М., Жигунов А.В., Бондаренко А.С., Бурцев Д.С.** Интродукция сосны скрученной в условиях Ленинградской области. № 3-24.

**Бабиков Б.В.** Болота в лесах России и их использование. № 6-9.

**Бабич Н.А., Хамитов Р.С., Хамитова С.М., Воробьев В.Н.** Особенности фенетического анализа популяций сосны сибирской по форме семенной чешуи. № 6-41.

**Безлаковский А.И., Дубовый В.К., Сысоева Н.В., Дю А.В., Гусев В.Г.** Базальтоволоконистые материалы как защитные экраны для локализации низовых пожаров. № 5-63.

**Бобринев В.П., Пак Л.Н.** Агротехника выращивания сеянцев лиственницы Гмелина в Забайкальском крае. № 3-9.

**Вернодубенко В.С., Дружинин Н.А.** Особенности формирования ранней и поздней древесины сосны на торфяных почвах. № 1-54.

**Говорушко С.М.** Экологические последствия лесозаготовок. № 1-45.

**Данилов Д.А., Скупченко В.Б.** Изменения в строении древесины сосны и ели на анатомическом уровне в древостоях, пройденных рубками ухода и комплексным уходом. № 5-70.

**Дроздов С.Н., Холопцева Е.С., Сазонова Т.А.** Свето-температурная характеристика сеянцев березы пушистой *Betula pubescens* (Betulaceae). № 1-27.

**Дружинин Ф.Н.** К применению комплексных рубок. № 3-17.

**Залесов С.В., Залесова Е.С., Данчева А.В., Федоров Ю.В.** Опыт рубок обновления в одновозрастных рекреационных сосняках подзоны северной лесостепи. № 6-20.

**Кищенко И.Т.** Сезонный рост деревьев *Picea abies* L. (Karst.) разного возраста в Северной Карелии. № 2-46.

**Коновалова И.С., Бабич Н.А., Марич С.Н.** Фитоценотическая значимость сорных растений лесных питомников. № 1-37.

**Коптев С.В.** Закономерности формирования товарной структуры в усыхающих ельниках. № 5-42.

**Костышев В.В.** Сравнительный рост культур сосны и лиственницы в типе леса сосняк травяной. № 3-45.

**Лисов В.Ю., Язов В.Н.** Экспериментальное определение водопроницаемости лесной почвы в зависимости от ее плотности. № 5-89.

**Лиханова Н.В.** Роль растительного опада в формировании лесной подстилки на вырубках ельников средней тайги. № 3-52.

**Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б.** Рост и состояние культур сосны разной густоты в Серебряноборском опытном лесничестве. № 6-32.

**Мочалов Б.А.** Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из сеянцев с закрытыми корнями. № 4-9.

**Назмиев П.И.** Структура темнохвойных лесов национального парка «Зюраткуль». № 1-62.

**Наквасина Е.Н.** Испытание межгеографических потомств сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Республике Коми. № 5-17.

**Новоселов А.С., Тутыгин Г.С.** Смолопродуктивность сосновых древостоев после осушения и комплексной рубки при подсоске с химическим воздействием. № 4-19.

- Новоселов А.С., Федяев А.Л., Петрик В.В.** Влияние экологических условий при получении терпентина в осушаемых сосняках Вологодской области. № 2-40.
- Ошкина Е.В., Колесникова Р.Д., Выводцев Н.В., Тагильцев Ю.Г.** Лимонник китайский – дальневосточный эфирнонос. № 5-35.
- Петрик В.В., Гельфанд Е.Д., Пастухова Н.О., Горкин А.И.** Поиск новых стимуляторов смолывыделения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). № 6-62.
- Пилипко Е.Н.** Динамика содержания комплекса НРК в результате разложения экскрементов лося (*Alces alces* L. 1758) в различных по гранулометрическому составу почвах. № 6-47.
- Рай Е.А., Бурова Н.В., Сластиков С.И.** Изменение видового разнообразия фитоценозов после сплошных рубок. № 3-34.
- Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П., Макарова Т.Н., Короткий В.П., Прытков Ю.Н., Марисов С.С.** Накопление *L*-лигнина в хвое и распределение по кроне сосны обыкновенной при регуляции азотного и борного обеспечения. № 3-67.
- Рукомойников К.П.** Совершенствование технологического оборудования для пересадки подроста с закрытой корневой системой. № 2-9.
- Соколова Г.В.** Метод долгосрочного прогноза показателей пожарной опасности в лесах Приамурья на основе учета параметров атмосферной циркуляции. № 5-50.
- Сорока М.И., Юскевич Т.В., Гриб В.М.** Особенности формирования насаждений с участием интродуцированных видов рода *Pinus* L. на Украинском Полесье. № 5-9.
- Тарханов С.Н., Бирюков С.Ю.** Влияние атмосферного загрязнения на фотосинтезирующий аппарат *Pinus Sylvestris* L. и *Picea Obovata* Ledeb. × *P. Abies* (L.) Karst. в северной тайге бассейна Северной Двины. № 1-20.
- Третьяков А.Г.** Формирование цен на древесину на корню при частном лесовладении. № 4-26.
- Тюкавина О.Н.** Изменение структуры годичных колец сосны под влиянием осушения. № 1-72.
- Харлов И.Ю.** Целевое назначение лесов как основа лесного хозяйства. № 2-18.
- Харлов И.Ю., Постовалов Е.В.** Организация использования лесов в Тюменской области. № 5-25.
- Хинчук Д.Г.** Влияние магнитного излучения на параметры семян ели обыкновенной. № 6-55.
- Шелуха В.П., Шошин В.И., Клюев В.С.** Динамика санитарного состояния ельников в период кульминации размножения типографа и эффективность лесозащитных мероприятий. № 2-30.

#### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Ватлина Я.В., Суров Г.Я.** Результаты исследования сопротивления воды движению лесотранспортных единиц. № 2-52.
- Жирнов А.Б., Баранов А.В., Костенко Н.А.** Технология заготовки древесины в горных лесах Дальнего Востока. № 1-88.
- Куницкая О.А., Тихонов И.И., Куницкая Д.Е., Григорьев И.В., Земцовский А.Е.** Оптимизация процесса раскряжевки хлыстов на лесоперевалочных базах лесных холдингов при выпилровке сырья для мачтопропиточных заводов. № 3-86.
- Курьянов В.К., Скрышников А.В., Кондрашова Е.В., Морковин В.А.** Модель режимов движения транспортных потоков на лесовозных автомобильных дорогах. № 2-61.
- Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С., Швецов А.М.** Постановка задач исследования подачи сжатого воздуха на фрикционные поверхности тормозного механизма с учетом эффекта сопла Лавала. № 5-107.

- Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С., Швецов А.М.** Оптимизация параметров и характеристик колесного тормоза лесотранспортной машины с целью максимизации тормозной силы. № 6-82.
- Мясищев Д.Г., Маковеев Д.Е.** Использование средств малой механизации для вывозки отходов рубок ухода в парковых зонах. № 1-81.
- Орловский С.Н.** Обоснование технологии применения и компоновки тракторного лесопожарного грунтомета. № 3-79.
- Орловский С.Н.** Методика расчета рабочего органа грунтомета для тушения кромки лесного низового пожара. № 4-52.
- Павлов Ф.А., Мельницкий М.А., Голицын Л.Н.** Исследование влияния компонентов песчано-гравийной смеси на укрепление лесовозных дорог сырой нефтью. № 6-69.
- Петровский В.С., Малышев В.В.** Разработка и исследование систем управления режимами рубок ухода за лесом. № 5-97.
- Ширнин Ю.А., Тарасова О.Г., Кривенев А.В.** Технологический регламент на разработку лесных участков под линейные объекты. № 4-35.
- Штаборов Д.А., Барабанов В.А., Рышашевский В.Л.** Результаты экспериментальных исследований по разгону моделей линеек из плоских сплоченных единиц. № 4-44.
- Якушева Т.В.** Комплексная оценка доступности лесных ресурсов с учетом развития лесной транспортной инфраструктуры на территории Северо-Западного федерального округа. № 5-113.
- МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ**
- Агеев С.П.** Стохастические закономерности операционных циклов лесопильных рам. № 4-80.
- Агеев С.П.** Энергетические характеристики поточной линии производства пилопродукции. № 5-134.
- Алексеев А.Е., Толочков И.А.** Алгоритмизация процесса дефектоскопии пиломатериалов. № 6-110.
- Глебов И.Т., Глебов В.В.** Зависимость сил резания от направления строгания и ширины кромок фанеры. № 1-93.
- Глебов И.Т., Глебов В.В.** Обработка кромок фанеры резанием. № 5-146.
- Дербин М.В., Дербин В.М.** Экспериментальная база для определения формы уплотнительной канавки аэростатической опоры. № 4-61.
- Дунаев В.Ф., Мелехов В.И., Захаров М.В.** Закономерность изменения механических свойств древесины во времени при удержании реакции. № 2-75.
- Дунаев В.Ф.** Об изменчивости модуля упругости и предела прочности древесины в технологическом цикле. № 3-106.
- Екименко А.Н., Неверов А.С.** Разработка материала и структуры двутавра из армированного древесного пластика. № 6-101.
- Ершов С.В., Зыкова Т.И.** О двух подходах к дифференциации цен на пиловочное сырье. № 4-90.
- Лукаш А.А., Гришина Е.С.** Интенсификация процесса сушки оцилиндрованных бревен. № 2-86.
- Лукаш А.А.** Исследование деформаций в слоистой древесине при ее сжатии разнотолщинной прессформой. № 3-94.
- Мелехов В.И., Глухих В.Н., Бызов В.Е.** Плоская деформация при изгибе круглого цилиндрически анизотропного неоднородного тела. № 5-118.
- Мелехов В.И., Рудная Н.С.** Влияние микрорельефа сопрягаемых поверхностей древесины на прочность склеивания. № 6-89.

**Пиир А.Э., Мелехов В.И., Кунтыш В.Б.** Выбор древесного топлива для малой энергетики. № 1-101.

**Плотников С.М., Лурье М.С.** Моделирование вращательного движения крупноразмерных древесных частиц. № 4-70.

**Пятикрестовский К.П.** Исследование сопоставительных расчетов внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов из древесины (по нормам СНиП II-25–80 и по теории сопротивления материалов). № 3-114.

**Фомин А.А.** Обоснование параметров процесса механической обработки периферийного сегмента. № 2-68.

**Яремчук Л.А.** Влияние содержания канифоли в маслах на эксплуатационные свойства покрытий древесины. № 5-127.

#### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

**Вихарев С.Н., Душинина С.А.** Модель волокнистой прослойки при размоле в мельницах. № 2-116.

**Дернов А.И., Дьякова Е.В., Гурьев А.В., Красикова Н.В.** Комплексная оценка прочности и когезионной способности волокон как элементов структуры целлюлозных материалов. № 1-125.

**Казанцев О.А., Сивохин А.П., Каморин Д.М., Короткий В.П.** Использование водорастворимых полимеров на основе amino(мет)акрилатов для повышения качества бумаги для гофрирования. № 2-109.

**Карманов А.П., Кочева Л.С., Щемелинина Т.Н.** Применение методов нелинейной динамики для анализа результатов мониторинга сточных вод. № 6-129.

**Ковалев В.И., Алашкевич Ю.Д.** Координаты точек скрещивания ре-

жущих кромок окружных ножей размольной гарнитуры. № 5-182.

**Ковалев В.И., Кожухов В.А., Алашкевич Ю.Д.** Исследование рисунков гарнитуры ножевых размалывающих машин с ударным эффектом. № 2-94.

**Леонович А.А., Шелоумов А.В.** Получение огнезащитных древесноволокнистых плит с использованием фосфорамид ФКМ. № 2-101.

**Леонович А.А., Войтова Т.Н.** Повышение экологической безопасности древесностружечных плит. № 6-120.

**Манахова Т.Н., Казаков Я.В.** Расчет параметров феноменологической модели деформирования целлюлозного материала по результатам измерений на автоматическом анализаторе волокна. № 1-140.

**Никулина Н.С., Вострикова Г.Ю., Дмитренков А.И., Филимонова О.Н., Никулин С.С.** Защитная обработка древесины смолой на основе фракции С<sub>9</sub>, модифицированной отходами полиметилметакрилата. № 6-138.

**Пошина Д.Н., Поротова П.В., Терентьев К.Ю., Чухчин Д.Г., Миловидова Л.А., Новожилов Е.В.** Исследование методов активации беленой сульфатной лиственной целлюлозы для повышения ее реакционной способности. № 4-113.

**Сазанов Ю.Н.** Лигнин-полимерные композиты. № 5-153.

**Севастьянова Ю.В., Фетюкова Н.Н., Невзорова И.М.** О возможности использования древесины усыхающей ели для производства бисульфитной целлюлозы высокого выхода. № 1-133.

**Сиваков В.П., Гольинский М.Ю.** Физическая сущность процесса образования и обрушения сводов технологической щепы. № 3-132.

**Сысоева Н.В., Коваленко В.В.** Влияние критической длины стеклянных волокон на качество бумагоподобных материалов фильтровального назначения. № 1-118.

**Торцева Т.В., Попова Н.Р., Боголицын К.Г.** Каталитическая делигнификация целлюлозного полуфабриката молекулярным кислородом в присутствии полиоксометаллатов. № 4-100.

**Трошина А.В., Рошин В.И.** Групповой состав и свободные кислоты экстрактивных веществ частей кроны лиственницы сибирской. № 4-125.

**Хабаров Ю.Г., Лахманов Д.Е.** Деполимеризация конденсированных лигнинов под действием азотной кислоты. № 5-173.

**Чинь Х.Ф., Царев Г.И., Рошин В.И.** Модификация таллового масла листовых пород. № 2-123.

**Чистова Н.Г.** Экспериментальное и теоретическое моделирование энергозатрат при получении древесноволокнистых полуфабрикатов. № 1-109.

**Чухчин Д.Г., Брильков М.С., Хадыко И.А., Терентьев К.Ю., Новожилов Е.В.** Разработка методики определения ширины целлюлозных волокон. № 3-125.

**Юрьев Ю.Л., Дроздова Н.А.** Изучение сорбционных свойств древесного окисленного угля в статических условиях. № 4-108.

#### **ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

**Бровин А.П., Пластинин А.В.** Порядок и условия применения классификации запасов производственных предприятий для целей их нормирования. № 6-144.

**Хвесик М.А., Шубалый А.М.** Организация системы интегрированного управления эффективностью лесного комплекса. № 2-130.

#### **КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ**

**Soppela J.** Comparative typology about salmon angling as an attraction and interest in salmon rivers of Finnish Lapland and Kola Peninsula. № 4-136.

**Бабич Н.А., Андропова М.М.** Сосна скрученная – перспективный интродуцент для озеленения малых северных городов. № 6-155.

**Зальвская О.С.** Комплексная оценка адаптивной способности интродуцентов. № 6-160.

**Ковалев Р.Н., Боярский С.Н.** Анализ состояния автопарка предприятий Свердловской области. № 4-154.

**Петрик В.В., Дербина М.А., Грязькин А.В.** К вопросу о применении биогумуса в лесохозяйственной практике. № 4-144.

**Петринчик В.А., Царев А.С.** Проблемы использования топливных брикетов в коммунальной теплоэнергетике малых населенных пунктов. № 3-139.

**Скуднева О.В.** Беспилотные летательные аппараты в системе лесного хозяйства России. № 6-150.

**Смирнов А.А., Добрынин А.П.** Производительность пойменных лесных сообществ острова Сахалин. № 2-144.

**Стоянов В.В.** Деревянные конструкции в условиях Европейского Севера. № 4-149.

#### **КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ**

**Уголев Б.Н.** Сессия РКСД и конференция в Костроме. № 3-145.

**Уголев Б.Н., Горбачева Г.А., Нимц П.** Фундаментальные и прикладные исследования древесины в Швейцарской высшей технической школе Цюриха (ETHZ). № 4-162.

#### НОВОСТИ НАУКИ

**Захаренко В.А.** О работе учебно-методического семинара-совещания «Эталонные и рабочие средства измерения в области теплофизики». № 4-168.

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

**Бабич Н.А.** Новая книга профессора Н.Н. Чернова. № 4-170.

**Кораблев А.И.** Учебное пособие В.И. Мосягина «Цены и ценообразование в лесном комплексе» – настольная книга для студентов и специалистов. № 3-150.

#### ИСТОРИЯ НАУКИ

**Спринцын С.М.** Сто лет лесоводства в Израиле: достижения, проблемы, перспективы. № 2-150.

#### ЮБИЛЕИ

**Ковязин В.Ф.** К 80-летию юбилею заслуженного деятеля науки профессора А.С. Тихонова. № 3-153.

**Кораблев А.И., Мурашкин Н.В., Тростинский Д.Р., Дикая З.А., Евдокимов В.М.** Юбилей Владимира Ильича Мосягина. № 5-189.

**Трубин Д.В., Мелехов В.И.** Радетелю русского леса, академику РАН Николаю Александровичу Моисееву – 85 лет. № 6-167.

**Царев Е.Г.** Юбилей профессора В.И. Мелехова. № 2-158.

#### ПАМЯТИ УЧЕНЫХ

**Боголицын К.Г., Тельшева Г.М.** Памяти Николая Ивановича Афанасьева (1959–2014 гг.). № 5-192.

**Мелехов В.И., Дерягин Р.В., Прокофьев Г.Ф.** Юрий Михайлович Стахийев (1934–2004 гг.). № 3-157.

**Онегин В.И.** Александр Васильевич Грачев (к 100-летию со дня рождения). № 1-148.

**Селиховкин А.В., Онегин В.И., Сергеевичев В.В., Чубинский А.Н., Втюрин В.А., Артеменков А.М., Мелехов В.И.** Памяти Ростислава Евгеньевича Калитеевского. №-171.