

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

6/330

2012

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

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. **В.И. Мелехов**  
Заместители главного редактора:  
д-р с.-х. наук, проф. **Н.А. Бабич**,  
д-р хим. наук, проф. **К.Г. Боголицын**  
Ответственный секретарь – засл. работник культуры РФ **Р.В. Белякова**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

д-р биол. наук, проф. **В.П. Бессчетнов**; д-р техн. наук, проф. **П.В. Билей**; д-р техн. наук, проф. **А.В. Воронин**; д-р техн. наук, проф. **Е.Д. Гельфанд**; д-р с.-х. наук, проф. **С.В. Залесов**; д-р техн. наук, проф. **А.А. Камусин**; д-р экон. наук, проф., акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**; д-р биол. наук, проф. **И.Т. Кищенко**; д-р техн. наук, проф. **В.С. Куров**; д-р техн. наук, проф. **В.И. Малыгин**; д-р с.-х. наук, проф. **Р.Н. Матвеева**; д-р с.-х. наук, проф. **М.Д. Мерзленко**; д-р техн. наук, проф. **Д.Г. Мяснищев**; д-р с.-х. наук, проф. **Е.Н. Наквасина**; д-р техн. наук, проф. **А.Н. Обливин**; д-р техн. наук, проф. **В.И. Онегин**; д-р техн. наук, проф. **Е.А. Памфилов**; д-р с.-х. наук, проф. **Е.М. Романов**; д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАСХН **М.В. Рубцов**; д-р техн. наук, проф. **В.Г. Санаев**; д-р биол. наук, проф. **А.В. Селиховкин**; д-р техн. наук, проф. **В.В. Сергеевичев**; д-р с.-х. наук, проф. **А.М. Тараканов**; д-р техн. наук, проф. **Б.Н. Уголев**; д-р техн. наук, проф. **Ф.Х. Хакимова**; д-р с.-х. наук, проф. **В.Л. Черных**; д-р техн. наук, проф. **Ю.А. Ширнин**; проф. **Х.-Д. Энгельманн**

---

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информацию о научной жизни высших учебных заведений, рекламные материалы и объявления. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей и студентов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6/328

Подписной индекс 70368

Редактор Л.С. Окулова  
Компьютерная верстка О.В. Деревцовой, Е.Б. Красновой  
Перевод С.В. Бирюковой  
Графическое оформление В.А. Титовой

---

Сдан в набор 08.10.2012. Подписан в печать 05.07.2012. Заказ № 886  
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 15,377. Усл. кр.-отт. 15,377.  
Уч.-изд. л. 20,777. Тираж 1000 экз. В розничную продажу не поступает.  
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

---

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17,  
тел./факс: 8 (818-2) 28-76-18,  
e-mail: forest@agtu.ru, forest@narfu.ru, http://www.lesnoizhurnal.ru

---

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № ФС77-45647 от 05.07.2011.

Издательско-полиграфический центр им. В.Н. Булатова  
ФГАОУ ВПО САФУ  
163002, г. Архангельск, ул. Урицкого, 56



## СОДЕРЖАНИЕ

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- М.В. Сурсо, А.И. Барабин, И.Н. Болотов, Б.Ю. Филиппов.* Весеннее развитие пыльцы у лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в северной подзоне тайги..... 7
- В.И. Федюков, Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова.* Ранняя диагностика технического качества подростка как важный элемент интенсификации лесопользования в России..... 16
- Н.Н. Теринов, А.А. Терин, А.Г. Магасумова.* Каймовые рубки как метод сохранения и восстановления коренных хвойных древостоев..... 24
- Л.И. Аткина, М.В. Игнатова.* Особенности распределения листовой поверхности у яблони ягодной, рябины обыкновенной, клена ясенелистного, боярышника кроваво-красного в городских посадках г. Екатеринбурга..... 32
- А.С. Новоселов.* Влияние среднего диаметра ствола на смолопродуктивность сосновых древостоев на торфяных почвах после лесохозяйственных мероприятий..... 37
- Н.В. Беляева, А.В. Грязькин.* Трансформация структуры молодого поколения ели после проведения несплошных рубок..... 44
- Ю.К. Богачев, А.А. Штинева.* Система добровольной лесной сертификации PEFC как инструмент исключения нелегально заготовленной древесины из торгового оборота..... 52

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- В.С. Морозов.* Расчет на прочность оснований зимних дорог на заболоченных грунтах..... 58
- А.В. Голенцев, А.П. Панычев, М.В. Шавнина.* Измерение точности установки ходовых колес кранов мостового типа..... 66
- Д.Н. Афоничев, П.С. Рыбников.* Размещение разворотных петель на лесовозном усе..... 72
- А.С. Миляев.* Алгоритм расчета промерзания слоистых оснований зимних лесовозных дорог..... 80

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- С.М. Плотников, М.С. Лурье.* Моделирование движения плоской древесной частицы при ориентировании..... 89
- Е.С. Шаранов, В.Ю. Чернов.* Исследование процесса сверления древесины с использованием устройства сбора данных NI USB 6008..... 96

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- В.В. Литвинов, В.И. Ширишков, В.Н. Пиялкин.* Химия и технология брикетирования древесного угля..... 101
- А.С. Смолин, Р.О. Шабиев.* Изменение электрокинетического потенциала древесной и хлопковой целлюлозы под действием размола и фракционирования. 109

<i>В.В. Васильев, В.В. Быстрова, И.В. Розенкова.</i> Исследование свойств кремний-органических гидрофобизаторов для древесных плит.....	119
<i>Л.М. Бойков, Н.С. Нечаев.</i> Показатели эффективности работы сушильных установок бумагоделательных и картоноделательных машин.....	127
<i>Р.Е. Смирнов.</i> Применение разбавленной ортофосфорной кислоты для двухступенчатой сульфитно-фосфорнокислой варки целлюлозы.....	135
<i>М.А. Зырянов, Н.Г. Чистова, А.П. Чижов.</i> Свойства древесноволокнистых полуфабрикатов, полученных в одну ступень размола щепы при производстве ДВП мокрым способом.....	147
<i>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</i>	
<i>А.В. Бральнин, А.В. Пластинин.</i> Реализация государственно-частного партнерства при строительстве лесных дорог: проблемы и возможные пути их решения.	152
<i>ИСТОРИЯ НАУКИ</i>	
<i>Н.Н. Чернов.</i> Организатор горнозаводского лесного хозяйства на Урале (к 235-летию генерал-майора И.И. Шульца (1777–1862 г.)).....	161
<i>КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ</i>	
<i>В.Ф. Цветков.</i> Решение Всероссийского симпозиума (конференции) «Современные проблемы притундровых лесов», организованного учеными-лесоведами Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова и СЕВНИИЛХ (4–9 сентября 2012 г., г. Архангельск).....	169
<i>ПАМЯТИ УЧЕНЫХ</i>	
<i>С.А. Коваль.</i> Иван Михайлович Боховкин (к 100-летию ректора Архангельского лесотехнического института).....	174
<i>КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ</i>	
<i>Н.М. Бызова.</i> Все о тайге.....	182
Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» в 2012 г. ....	183

---



## CONTENTS

## FORESTRY

<i>M.V. Surso, A.I. Barabin, I.N. Bolotov, B.Yu. Filippov.</i> Spring Development of Siberian Larch ( <i>Larix sibirica</i> Ledeb.) Pollen in the Northern Taiga Subzone...	7
<i>V.I. Fedyukov, E.Yu. Saldaeva, E.M. Tsvetkova.</i> Early Diagnosis of the Undergrowth Technical Quality as an Important Element of the Forest Management Intensification in Russia.....	16
<i>I.N. Terinov, A.A. Terin, A.G. Magasumova.</i> Fringe Felling as a Method of Preservation and Rehabilitation of Autochthonous Coniferous Forest Stands.....	24
<i>L.I. Atkina, M.V. Ignatova.</i> Dependence of Leafage Surface Area on Forest Inventory Characteristics for Dwarf Apple, Rowan Tree, Maple Ash and Redhaw Hawthorn in the Yekaterinburg Urban Plantations.....	32
<i>A.S. Novosyolov.</i> Link Between Inventory Diameter and Resin Productivity of the Pine Stands on Peat Soils Subsequent to Silvicultural Practice.....	37
<i>N.V. Belyaeva, A.V. Gryazkin.</i> Transformation of the Spruce Young Growth Structure Subsequent to Selective and Gradual Cutting.....	44
<i>Y.K. Bogachev, A.A. Shtineva.</i> PEFC System of Voluntary Forest Certification as a Tool for Exclusion of Illegally Logged Timber from Trade.....	52

## WOODEXPLOITATION

<i>V.S. Morozov.</i> Strength Analysis of Winter Road Bases on the Boggy Grounds.....	58
<i>A.V. Golenishchev, A.P. Panychev, M.V. Shavnina.</i> Accuracy Estimation of Mounting of Bridge Crane Running Wheels.....	66
<i>D.N. Afonichev, P.S. Rybnikov.</i> Allocation of U-Turn Loops of the Logging Haul Road Feeders.....	72
<i>A.S. Milyayev.</i> Algorithm of Calculation of the Frost Penetration of the Winter Logging Roads Stratified Bases.....	

## MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>S.M. Plotnikov, M.S. Lurie.</i> Modeling of a Flat Wood Particle Motion During Alignment.....	89
<i>E.S. Sharapov, V.Yu. Chernov.</i> Research of Wood Drilling Process Using NI USB 6008 Data Acquisition Device.....	96

## CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>V.V. Litvinov, V.I. Shirshikov, V.N. Piyalkin.</i> Chemistry and Technology of Charcoal Briquetting Processes.....	101
<i>A.S. Smolin, P.O. Shabiyev.</i> Variation of Wood and Cotton Pulp Electrokinetic Potential Under Refining and Fractionating.....	109
<i>V.V. Vasilyev, V.V. Bystrova, I.V. Rozenkova.</i> Study of Organosilicon Hydrophobisators Properties for Wood Board.....	119
<i>L.M. Boykov, N.S. Nechayev.</i> The Drying Units of Paper- and Cardboard Machines Performance Indicators.....	127
<i>R.E. Smirnov.</i> Use of Diluted 0,5 % H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> for Two-stage Phosphoric Sulfite Pulping.	135

<i>M.A. Zyryanov, N.G. Chistova, A.P. Chizhov.</i> The Properties of Wood Fiber Semi-Product Obtained in Wet Single-Stage Grinding in Hardboard Production.....	147
<i>ECONOMICS AND MANAGEMENT</i>	
<i>A.V. Bralnin, A.V. Plastinin.</i> Implementation of Public-Private Partnership in the Sphere of Forest Roads Construction: Problems and Practicable Solutions.....	152
<i>HISTORY OF SCIENCE</i>	
<i>N.N. Chernov.</i> Organizer Gornozavodsky Forestry in the Urals (by 235 years maj. gen. I.I. Schultz (1777–1862)).....	161
<i>CONFERENCES AND MEETINGS</i>	
<i>V.F. Tsvetkov.</i> Resolution of the Symposium “The Recent Problems of Sub-tundra Forests”, held by silviculturists of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov in consort with the Northern Research Institute of Forestry Scientists (Arkhangelsk, September 4 <sup>th</sup> – 9 <sup>th</sup> 2012).....	169
<i>TO THE MEMORY OF SPECIALISTS</i>	
<i>S.A. Koval.</i> Ivan Mikhailovich Bokhovkin (on the occasion of 100 <sup>th</sup> Birthday Anniversary of the Rector of the Arkhangelsk Forestry Engineering Institute).....	174
<i>CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY</i>	
<i>N.M. Byzova.</i> Everything regarding the Taiga.....	182
Index of Articles Issued by «Lesnoi Zhurnal» in 2012.....	183

---

---



УДК 581.162.41:582.47

**М.В. Сурсо<sup>1</sup>, А.И. Барабин<sup>2</sup>, И.Н. Болотов<sup>1</sup>, Б.Ю. Филиппов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Сурсо Михаил Вольдемарович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института экологических проблем Севера УрО РАН. Имеет 50 научных работ в области эмбриологии голосеменных.

E-mail: surso@ierp.ru



Барабин Александр Иванович родился в 1939 г., окончил в 1966 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ландшафтного строительства и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 150 печатных работ в области лесосеменного мониторинга древесных пород на Европейском Севере России.

Тел.: 8(8182) 21 61 56



Болотов Иван Николаевич родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Поморский государственный университет, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории комплексного анализа наземной и космической информации для экологических целей, заместитель директора по научным вопросам Института экологических проблем Севера УрО РАН. Имеет более 100 научных публикаций в области эволюционной и популяционной экологии, ландшафтоведения, биогеографии, зоологии.

E-mail: inepras@yandex.ru



Филиппов Борис Юрьевич родился в 1974 г., окончил в 1997 г. Поморский государственный университет, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоологии и экологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 40 научных работ в области популяционной экологии.

E-mail: fby@yandex.ru



## **ВЕСЕННЕЕ РАЗВИТИЕ ПЫЛЬЦЫ У ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*Larix sibirica* Ledeb.) В СЕВЕРНОЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ\***

Приведены результаты исследований микроспоро- и микрогаметофитогенеза у лиственницы сибирской в северной подзоне тайги. Установлена продолжительность

\*Исследования выполнены в рамках Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-У-5-1005.

отдельных стадий мейоза в микроспороцитах и выявлены нарушения при микроспорогенезе. Описаны процессы микрогаметофитогенеза при формировании пыльцевых зерен. Показаны аномалии развития пыльцы. Приведены результаты экспериментов по проращиванию пыльцы лиственницы *in vitro*.

*Ключевые слова:* лиственница, мейоз, микроспороцит, микрогаметофит, пыльца.

Опыление у лиственницы, как и у всех хвойных, является необходимым условием формирования эмбриона. Поэтому процессы, лежащие в основе формирования и развития пыльцы, всегда привлекали внимание исследователей.

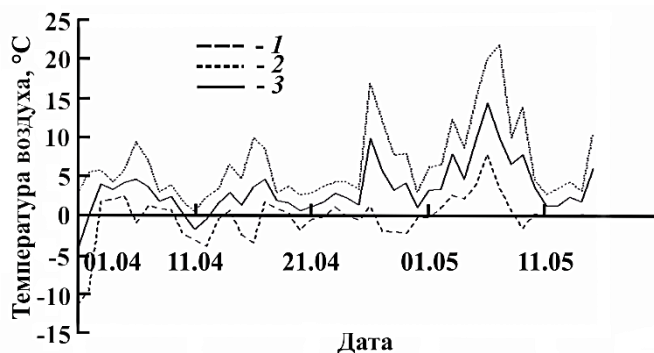
Исходный материал для анализа был собран в 2010–11 гг. в редкостойном лиственничнике (*Larix sibirica* Ledeb.) в Приморском районе Архангельской области. Состав насаждения: 1-й ярус – 10Лц, 2-й – 9Е1Б. Возраст лиственницы – 250...300 лет, средний диаметр – 60 см, средняя высота – 30 м. Тип леса – листвяг можжевельниковый.

Микростробилы лиственницы фиксировали темпорально в уксусном спирте от начала возобновления мейоза до раскрытия микроспорангиев. Периодичность фиксаций – 1...3 дня, в активной фазе мейоза (МI–AII) – ежедневно. Фиксированный материал промывали и хранили до использования в 70 %-м этаноле в холодильнике. Временные давленные препараты микростробиллов окрашивали ацетожелезным гематоксилином – хлоралгидратом по Виттману [17] или ацетокармином [5]. Микроморфометрию пыльцевых зерен производили на временных неокрашенных водно-глицериновых препаратах при помощи окуляр-микрометра. У каждой особи измеряли минимальный и максимальный диаметры 50 пыльцевых зерен. Проращивание пыльцы *in vitro* осуществляли во влажных камерах в темноте при температуре 26,5 °С на 1,0 %-м агаре с добавлением 5 %-й сахарозы (или иных компонентов), или в жидких средах различного состава по методу «висячей капли» с последующим окрашиванием временных препаратов кристаллическим фиолетовым, галлоцианином, суданом-III, раствором йода в йодистом калии и другими красителями, или без окрашивания. Просмотр и фотографирование изображений выполняли при помощи лабораторного микроскопа AxioScore A1 в комплекте с цифровой фотокамерой Canon G10. Изображения редактировали при помощи программы AxioVision LE Release 4.8.1.

У лиственницы микростробилы формируются в результате гормонального перерождения вегетативных меристем брахибластов в генеративные [4]. Гистологическая дифференциация микроспорангиев завершается уже в год заложения примордиев микростробиллов, после трансформации спорогенной ткани в мейоциты и их разобщения. Мейоз в микроспороцитах у лиственницы начинается в октябре. К зимнему покою микроспороциты переходят на стадии профазы I в диплотене. По наблюдениям ряда авторов [2, 8, 9] продолжительные зимние оттепели могут спровоцировать возобновление мейоза в микроспороцитах, что часто приводит к стерильности пыльцы. В условиях северной подзоны тайги при просмотре препаратов микростробиллов, зафиксированных



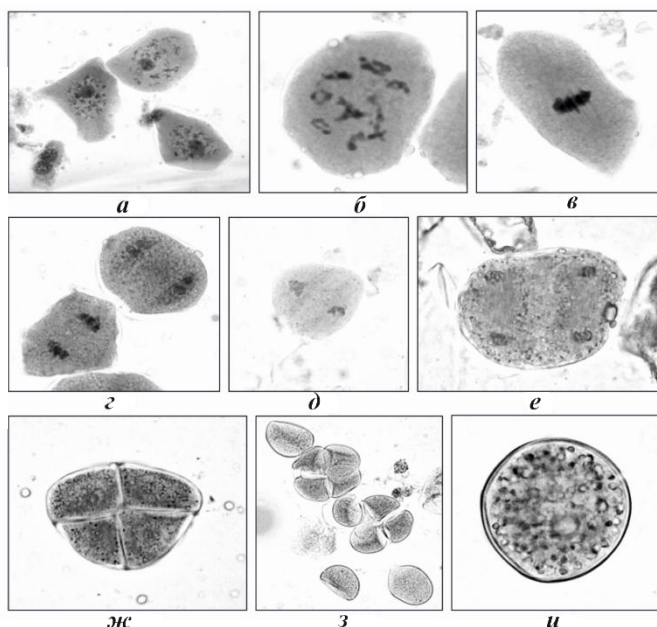
Рис. 1. Температурный режим воздуха в районе исследований в период весеннего развития пыльцы у лиственницы (с 01.04 по 11.05.2010 г.): 1 – min, 2 – max, 3 – средний



в середине февраля, единичные микроспороциты находились на стадии метафазы первого деления, что также подтверждает возможность зимнего возобновления мейоза у лиственницы.

Массовое весеннее развитие пыльцы у лиственницы в северной подзоне тайги начинается в конце марта – начале апреля при достижении пороговых значений среднесуточных температур воздуха – примерно  $-4^{\circ}\text{C}$  (рис. 1). «Активная стадия» мейоза – диакинез (поздняя анафаза II (рис. 2)) протекает весьма динамично. Продолжительность ее составляет от 4 до 8 дней. Среднесуточные температуры воздуха в этот период колеблются в диапазоне  $0...4^{\circ}\text{C}$ . В результате мейоза микроспороцитов образуются тетрады гаплоидных микроспор, объединенных общей оболочкой, состоящей преимущественно из каллозы. Как и у всех хвойных видов, мейоз в микроспороцитах у лиственницы протекает асинхронно, и в препарате одного микростробила можно иногда

Рис. 2. Микроспорогенез у лиственницы в весенний период: а – е – мейоз в микроспороцитах (а – диакинез; б, в – метафаза I; г – анафаза I – телофаза I; д – метафаза II; е – анафаза II); ж – тетрада микроспор; з – распад тетрад; и – микроспора



Динамика прохождения мейоза (в микроспороцитах) и микрогаметофитогенеза (в микроспорангиях) у лиственницы сибирской в северной подзоне тайги (2010 г.)

Стадия развития	Количество наблюдений, % от общего числа											
	31.03	02.04	04.04	06.04	08.04	11.04	19.04	23.04	27.04	03.05	07.05	
Профаза I	98,2	6,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
МI	1,8	80,4	40,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
AI	0,0	13,1	41,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Телофаза I	0,0	0,2	14,7	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Интерфаза	0,0	0,0	3,5	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
MI	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
AI	0,0	0,0	0,0	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Телофаза II	0,0	0,0	0,0	9,4	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Тетрады	0,0	0,0	0,0	39,7	88,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Микроспора	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	100	99,7	30,5	0,0	0,0	0,0	
Микрогаметофит:												
2-клеточный	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	69,5	14,3	0,2	0,0	
3- «	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,7	25,4	0,0	
4- «	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,4	14,6	
5- «	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,4	

Примечания. 1. Таблица приведена в сокращенном виде. 2. Число наблюдений по каждой дате – 1000.

наблюдать почти все стадии мейоза, от MI до AI. Распад тетрад происходит примерно спустя 3...4 дня после их формирования. Характерной особенностью вновь образовавшихся «молодых» микроспор у лиственницы является частое локальное отставание цитоплазмы от внутренней поверхности стенки микроспоры. Центральная часть микроспоры содержит от 1 до 3 небольших ядрышек. После образования микроспор в весеннем развитии пыльцы у лиственницы наступает довольно продолжительная (от 10 до 14 дней) пауза – «интерфаза микроспоры» (см. таблицу).

В процессе микроспорогенеза, особенно в активной стадии мейоза микроспороцитов (MI–AI), можно наблюдать многочисленные нарушения нормального течения этих процессов. Нарушениям в мейозе микроспороцитов у *Pinaceae*, в том числе у *Larix*, посвящено довольно много исследований. Общее число нарушений в мейозе микроспороцитов возрастает с ужесточением следующих экологических факторов: резкое понижение температуры воздуха, атмосферное загрязнение, повышенный радиационный фон, интродукция [1, 3, 8, 9, 10]. Устойчиво высокое число нарушений в мейозе может быть обусловлено как индивидуальными особенностями деревьев, так и биологией вида [2].

В условиях северной подзоны тайги к наиболее частым нарушениям при микроспорогенезе у лиственницы относятся выбросы хромосом за пределы веретена деления в MI и AI, фрагментация хромосом

и выбросы фрагментов, нарушения в расхождении хромосом (простые и сложные мосты, отставания и неравномерное расхождение) в АI и АII, агглютинация хромосом, дефекты веретена деления, образование линейных триад и тетрад микроспор, образование пентад, гексад (рис. 3). Кроме того, для лиственницы характерны такие морфологические дефекты, как образование неразделившихся диад микроспор вследствие выпадения второго деления мейоза, разрыв экзины микроспоры и плазмолиз. Следует отметить, что, за редким исключением, невозможно точно установить какие нарушения в мейозе и каким образом приводят к тем или иным тератологическим изменениям пыльцевых зерен и стерильности пыльцы.

Начало микрогаметофитогенеза у лиственницы протекает эндогенно, внутри микроспорангия, и приводит к образованию пыльцевого зерна. Первое деление одноклеточной микроспоры является началом прорастания ее в микрогаметофит. Перед первым делением ядрышко микроспоры перемещается из

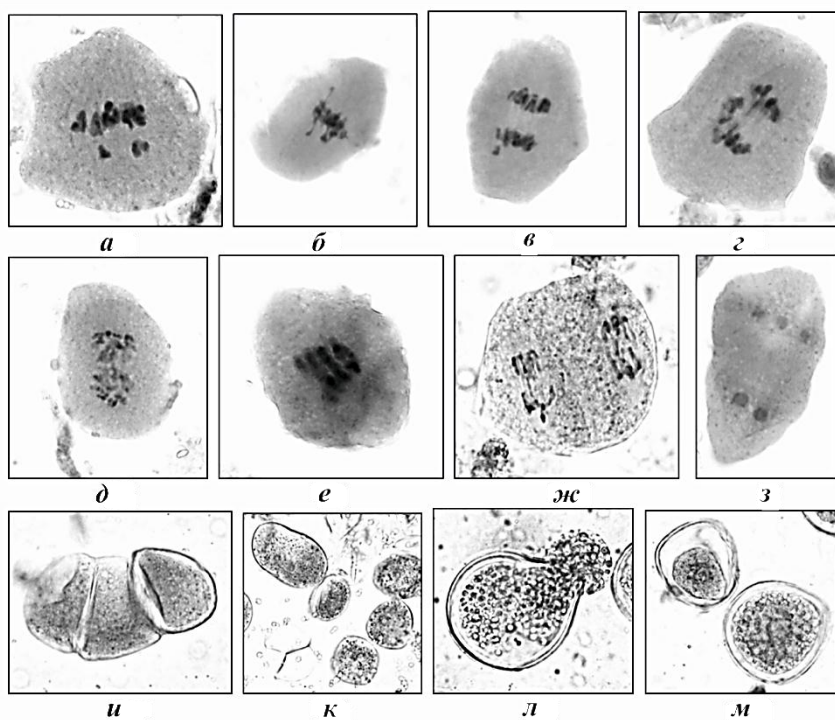
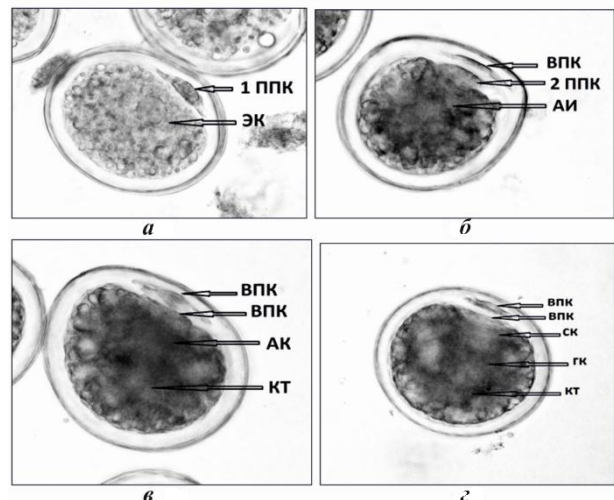


Рис. 3. Нарушения при микроспорогенезе у лиственницы: *а* – выбросы в МI; *б* – фрагментация и выбросы фрагментов в МI; *в* – выбросы в АI; *г* – отставания в расхождении и агглютинация в АI; *д* – неравномерное расхождение в АI; *е* – мультипликативное веретено деления в АI; *ж* – отставания и мосты в АII; *з* – формирование пентады; *и* – линейные триады и тетрады; *к* – образование диады микроспор (вверху слева) в результате выпадения второго деления; *л* – разрыв стенки микроспоры; *м* – плазмолиз

ее центральной части к стенке микроспоры. При описании последовательного развития одних и тех же структур микрогаметофита голосеменных разными авторами используется различная терминология [7]. В настоящей работе при описании последовательности клеточных делений мужского гаметофита у лиственницы принята терминология, приведенная в работе Д.Д. Фернандо с соавторами [12].

В результате первого деления микроспоры образуются первая первичная проталлиальная и эмбриональная клетки (рис. 4). Три последующих деления (эмбриональной клетки, антеридиальной инициали и антеридиальной клетки) приводят к образованию 5-клеточного микрогаметофита (пыльцевого зерна), состоящего из клетки трубки, генеративной и стерильной клеток и двух первичных проталлиальных клеток, которые быстро трансформируются во вторичные проталлиальные клетки, приобретают линзовидную форму и плотно прилегают к внутренней поверхности стенки гаметофита (рис. 4). Проталлиальные клетки являются рудиментарными образованиями, гомологичными заростку (проталлию) древнейших разноспоровых [6]. Клеточные деления при эндогенном микрогаметофитогенезе следуют почти непрерывно одно за другим в течение 7...10 дней. После их завершения следует небольшая (4...5 дней) пауза, во время которой в пыльцевых зернах осуществляется дальнейшее накопление крахмала и белков, происходит подсыхание стенок микроспорангиев. Пыление у лиственницы в условиях северной подзоны тайги наблюдается обычно в середине мая. У лиственницы наряду с 5-клеточными пыльцевыми зернами могут наблюдаться и внешне вполне сформировавшиеся 4-клеточные. В этом случае деление антеридиальной клетки на стерильную и генеративную, по-видимому, происходит уже при прорастании пыльцы в пыльцевую трубку, после попадания пыльцевого зерна на нуцеллус семязачатка. Следует отметить, что на последней стадии формирования пыльцевого зерна у лиственницы в ряде случаев невозможно точно идентифицировать все клеточные структуры гаметофита.

Рис. 4. Начало микрогаметофитогенеза (эндогенная стадия): а, б, в, г – соответственно 2-, 3-, 4- и 5-клеточный микрогаметофит; 1 ППК – первая первичная проталлиальная клетка; 2 ППК – вторая первичная проталлиальная клетка; ВПК – вторичные проталлиальные клетки; ЭК – эмбриональная клетка; АИ – антеридиальная инициаль; АК – антеридиальная клетка; КТ – клетка трубки; СК – стерильная клетка; ГК – генеративная клетка



Пыльцевые зерна лиственницы лишены воздушных мешков. Сухая пыльца обычно шаровидной формы с одним более или менее выраженным углублением. Пыльцевые зерна сферические, слегка вытянутые в направлении полюсов. Поверхность экзины тонко гранулированная, со слабо выраженными трехгранными следами, остающимися после распада тетрад. Кроме гранул крахмала, в зрелых пыльцевых зернах лиственницы присутствуют многочисленные, иногда довольно крупные, белковые глобулы. Размеры среднестатистического пыльцевого зерна, мкм: минимальный диаметр –  $83,2 \pm 2,4$  ( $CV = 5,0$  %), максимальный –  $86,4 \pm 5,4$  ( $CV = 5,4$  %). Для лиственницы сибирской, произрастающей на севере Архангельской области, характерны те же аномалии развития пыльцевых зерен (рис. 5), которые ранее были описаны другими авторами для видов секции *Larix* [2, 8, 16]. Общее число таких аномалий относительно невелико и составляет в среднем около 2,5 %, число деформированных и карликовых пыльцевых зерен – в среднем 1,7 %, гигантских (превышающих по размерам среднестатистические в 1,5–2 раза) – 0,2 %. Кроме того, в северной подзоне тайги для лиственницы характерны двойные микрогаметофиты и полиспория (0,04 %). Разрывы экзины пыльцевого зерна обычно встречаются довольно редко (0,02 %), однако в отдельные годы, при неблагоприятной динамике температур воздуха (потепление перед началом «цветения» и вслед за ним резкое похолодание), количество пыльцевых зерен с разрывами экзины может быть довольно существенным. При гидратации такой пыльцы цитоплазма может вытекать через разрывы в экзине, формируя ложные пыльцевые трубки.

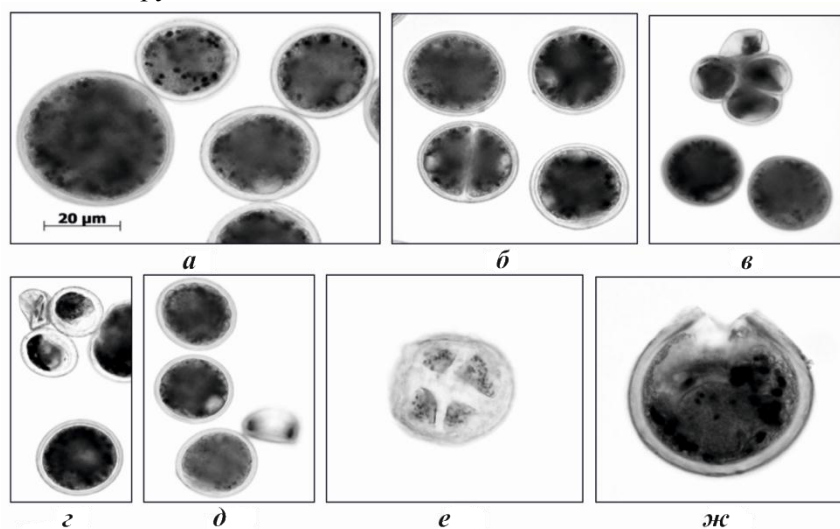


Рис. 5. Аномалии развития пыльцевых зерен у лиственницы сибирской: *a* – гигантское пыльцевое зерно (слева); *б* – двойной микрогаметофит (слева внизу); *в* – полиспория (вверху); *г* – недоразвитые и деформированные пыльцевые зерна (вверху); *д*, *е* – микроспоры с прерванным циклом развития (*д* – на стадии анафазы I (справа); *е* – на стадии поздней анафазы II); *ж* – пыльцевое зерно с разрывом экзины

Дальнейшее развитие микрогаметофита у лиственницы происходит уже в мегаспорангии, при прорастании пыльцевой трубки, и заключается в образовании конечных продуктов микрогаметофитогенеза – двух спермиев, образующихся в результате деления генеративной клетки. Проращивание пыльцы лиственницы *in vitro* представляет значительные экспериментальные трудности. В литературе описаны лишь единичные относительно успешные опыты [11, 13, 15]. Процессы формирования пыльцевых трубок у *Larix* все еще не вполне понятны [14]. Результаты наших экспериментов по искусственному проращиванию пыльцы лиственницы подтверждают сказанное (рис. 6).

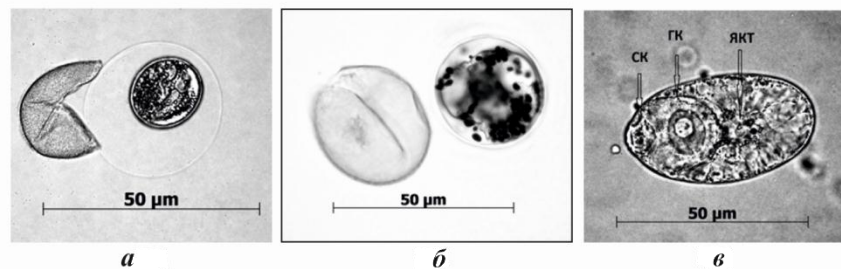


Рис. 6. Проращивание пыльцы лиственницы сибирской *in vitro*: *а* – механизм сбрасывания экзины; *б* – пыльцевое зерно (справа) и сброшенная экзина (слева); *в* – начало формирования пыльцевой трубки (ск – стерильная клетка; гк – генеративная клетка; якт – ядро клетки трубки)

Сбрасывание экзины происходит в результате гидратации пыльцы при образовании гидрофильной капсулы, диаметр которой намного превышает диаметр пыльцевого зерна. Под давлением стенки капсулы экзина пыльцевого зерна вскрывается узкой продольной щелью и медленно сползает с него. Иногда гидрофильная капсула не образуется. Тогда сбрасывание экзины происходит вследствие простого набухания пыльцевого зерна или экзина не сбрасывается. В последнем случае пыльца не прорастает. Несмотря на многочисленные эксперименты с разными составами сред и условиями инкубирования при проращивании *in vitro* пыльцы лиственницы, добиться формирования полноценной пыльцевой трубки не удалось. Наблюдалось лишь небольшое продольное растяжение микрогаметофита, в котором сохранялись все основные клеточные структуры, характерные для пыльцевого зерна лиственницы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бажина Е.В., Квитко О.В., Муратова Е.Н. Мейоз при микроспорогенезе и жизнеспособность пыльцы у пихты сибирской в среднегорье Восточного Саяна // Лесоведение. 2007. № 1. С. 57–64.
2. Козубов Г.М. Биология плодоношения хвойных на Севере. Л.: Наука, 1974. 135 с.
3. Круклис М.В. Развитие репродуктивных структур *Larix* Mill. // Половая репродукция хвойных. Новосибирск, 1973. Т. 1. С. 70–82.

4. Особенности формирования генеративных органов лиственницы сибирской и их морфогенетический потенциал / И.Н. Третьякова [и др.] // Успехи соврем. биол., 2006. Т. 126, № 5. С. 472–480.
5. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1970. 255 с.
6. Размологов В.П. К вопросу об эволюции пыльцы голосеменных растений // Бюл. ГБС. 1964. Вып. 55. С. 90–94.
7. Репродуктивные структуры голосеменных (сравнительное описание) / Г.М. Козубов, В.В. Тренин, М.А. Тихова, В.П. Кондратьева. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1982. 104 с.
8. Тренин В.В. Цитозэмбриология лиственницы. Л.: Наука, 1986. 88 с.
9. Третьякова И.Н., Романова Л.И. Особенности микроспорогенеза у лиственницы сибирской, растущей в условиях техногенной нагрузки // Онтогенез. 2005. Т. 36, № 2. С. 128–134.
10. Яковлев А.В. О влиянии низких температур на микроспорогенез сосны обыкновенной // Лесоведение. 1978. № 6. С. 51–55.
11. Dumont-BeBoux N., Anholt B.R., Aderkas P. In vitro germination of western larch pollen // Can. J. For. Res. 2000. Vol. 30, N 2. P. 329–332.
12. Fernando D.D., Lazzaro M.D., Owens J.N. Growth and development of conifer pollen tubes // Sex Plant Reprod. 2005. Vol. 18. P. 149–162.
13. Ho R.H., Rouse E.G. Pollen germination of *Larix sibirica* (Siberian larch) *in vitro* // Can. J. Bot. 1970. Vol. 48. P. 213–215.
14. Owens J.N., Morris C.J. Cytological basis for cytoplasmic inheritance in *Pseudotsuga menziesii*. I. Pollen tube and archegonial development // Amer. J. Bot. 1990. Vol. 77. P. 433–445.
15. Said C., Villar M., Zandonella P. Ovule receptivity and pollen viability in Japanese larch (*Larix leptolepis* Gord.) // Silvae Genet. 1991. Vol. 40. P. 1–6.
16. Slobodnik B. The early-spring development of male generative organs and abnormalities in pollen ontogenesis of European larch (*Larix decidua* Mill.) // For. Genet. 2002. Vol. 9, N 4. P. 309–314.
17. Wittman W. Aceto-iron-haematoxylin-chloralhydrate for chromosome staining // Stain. Technol. 1965. Vol. 40, N 3. P. 161–164.

Поступила 16.11.11

*M.V. Surso*<sup>1</sup>, *A.I. Barabin*<sup>2</sup>, *I.N. Bolotov*<sup>1</sup>, *B.Yu. Filippov*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RAS, Ural Branch, Institute of Ecological Problems of the North

<sup>2</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

### **Spring Development of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) Pollen in the Northern Taiga Subzone**

The article presents research results of Siberian larch microsporogenesis and microgametophytegenesis in the northern boreal forests (taiga) subzone. Duration of discrete microsporocytes meiosis stages has been ascertained, disruptions during microsporogenesis were revealed. The microgametophytegenesis processes during pollen-grain formation are described. The pollen development abnormalities and experimental results of larch pollen sprouting *in vitro* are presented.

*Key words:* larch, meiosis, microsporocyte, microgametophyte, pollen.

УДК 630\*6

**В.И. Федюков, Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова**

Поволжский государственный технологический университет

Федюков Владимир Ильич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой стандартизации, сертификации и товароведения Поволжского государственного технологического университета. Имеет около 150 печатных работ в области гидрлесомелиорации, биологического и технического лесоведения, стандартизации, сертификации и управления качеством лесопромышленной продукции.

E-mail: fiv48@mail.ru



Салдаева Екатерина Юрьевна окончила в 2005 г. Марийский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры стандартизации, сертификации и товароведения Поволжского государственного технологического университета. Имеет 10 печатных работ в области лесоведения, технологии производства и контроля качества продукции, стандартизации, сертификации и управления качеством продукции.

E-mail: saldaevaey@marstu.net



Цветкова Екатерина Михайловна окончила в 2011 г. Марийский государственный технический университет, магистр, младший научный сотрудник кафедры стандартизации, сертификации и товароведения Поволжского государственного технологического университета. Имеет 3 печатные работы в области контроля качества продукции, лесоведения.

E-mail: ekaterinadudina@mail.ru



## **РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОДРОСТА КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ**

Проанализировано состояние, подтверждена актуальность и приведены конкретные варианты реализации ранней диагностики технического качества подростов хвойных пород.

*Ключевые слова:* качество, подрост, методы, диагностика, модуль упругости, дендроакустика.

Успех лесовозобновления и обеспечения устойчивости насаждений во многом предопределяется своевременным выполнением комплекса лесоводственных мер, направленных на сохранение подростка не только в достаточном количестве, но, что не менее важно, и надлежащего качества.

В этой связи отечественными и зарубежными учеными разработано немало методов диагностики, оценки состояния и качества подростка, среди которых акад. И.С. Мелехов условно выделил следующие: морфологический, анатомический, физиологический, биохимический, фенологический и др. [6].

---

© Федюков В.И., Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М., 2012



На практике сравнительно широкое распространение получила утвержденное в ГОСТ 18486–87 деление подроста по состоянию и качеству на три градации: благонадежный, сомнительный, неблагонадежный. Принято считать, что главная задача оценки подроста заключается в выявлении его возобновительной ценности на основе глазомерного установления по количественным и качественным признакам: породный состав, высота и количество штук на 1 га, возраст. Поэтому считалось, что «...устанавливать, кроме этих, какие-либо дополнительные оценки нет необходимости» [5].

Такая парадигма до недавнего времени, когда лесопользование осуществлялось по экстенсивной модели, на практике себя вполне оправдывала. Иными словами, когда потребности в качественной древесине не только по ее высокой сортности, но и физико-механическим свойствам удовлетворялись путем освоения все новых и новых лесных территорий.

Однако, несмотря на огромные территории лесов и наличие в них запасов древесины, уже сегодня ощущается недостаток определенных видов сырья. Вполне прогнозируемым является в недалеком будущем глубокий кризис обеспечения многих отраслей лесоматериалами спецназначения с высокими показателями физико-механических свойств. Причины хорошо известны: резкое уменьшение площадей экономически и технически доступных насаждений под действием ряда естественных и антропогенных факторов, особенно в последние 10...15 лет, а в сохранившихся – ухудшение товарного состояния древостоев [9].

Для решения этой проблемы у лесоводов в арсенале имеются несколько направлений, включая грамотное и своевременное выполнение всех видов рубок ухода, целевое (плантационное) выращивание древесного сырья с заданными техническими свойствами древесины и др., которые в совокупности являются основой модели интенсивного лесопользования по примеру скандинавских стран, в первую очередь Швеции и Финляндии [8].

Не вдаваясь в детальный анализ этой модели, отметим здесь одну важную особенность – ориентация всех элементов лесохозяйственного цикла на выращивание сырья для получения конкретных сортиментов с определенными показателями физико-механических свойств. Как показывают результаты исследований, выполненных зарубежными учеными за последние 20...25 лет, одной из эффективных мер достижения этой цели является ранняя диагностика технического качества древесины на корню.

Большинство имеющихся способов основаны на определении статического ( $E_{ст}$ ) и/или динамического ( $E_{дин}$ ) модулей упругости древесины черенков, взятых от молодняка. При этом используют общеизвестные методы: статический изгиб, импульсный ультразвуковой, вибрационный (частотно-амплитудный) и др. В этом плане большой методологический и практический интерес представляют работы [13, 15–17]. Например, по результатам исследований 7-летних деревьев сосны (*Pinus radiata*) доказано, что имеется взаимосвязь между модулями упругости ветвей и ствола. Кроме того, этот показатель

коррелирует с прочностью материала. Следовательно, модуль упругости ветвей является объективным показателем для использования в качестве критерия в неразрушающем методе оценки технических свойств древесины ствола при целевом лесовыращивании.

К сожалению, до настоящего времени в нашей стране не проводится оценка качества древесины на корню по физико-механическим показателям, в том числе, в молодняках искусственного и естественного происхождений. Производственники пока не располагают необходимой для этого нормативной и материально-технической базой. Как следствие, огромные площади естественного молодняка, среди которого может быть немало экземпляров с уникальными свойствами древесины, не вовлекаются в оборот целевого лесовыращивания, зачастую уничтожаются или, в лучшем случае, в будущем участвуют в формировании обычных древостоев, где заготавливают лесоматериалы общего назначения, дрова и т.д.

В концепции проекта Федеральной целевой программы «Развитие лесного семеноводства на период 2009–20 гг.», где центральное место занимает создание селекционных центров как базы для воспроизводства лесов, повышения их продуктивности и качества, также не предусмотрен целевой отбор элитных клонов на основе ранней их диагностики по показателям физико-механических свойств. Между тем, практика давно предъявляет к генетическому материалу свои требования не только в отношении быстрого роста и повышенной производительности насаждений, но и особых технических свойств выращиваемой древесины.

В данном случае под качеством подразумевается не просто высокая сортность древесного материала, но и соответствующие физико-механические свойства: плотность, прочность, жесткость (модуль упругости) и др., которые включены в обязательные требования к спецсортиментам (заготовки авиационные для изготовления деревянных деталей в самолето- и вертолетостроении; заготовки для лож спортивного и охотничьего стрелкового оружия; специальные виды шпона для внутренней обшивки самолетов, судов; лесоматериалы для каркасных сооружений и др.). В последние годы острый дефицит в древесине с высокими техническими свойствами испытывают изготовители мебели, строители домов из клееных брусьев и др.

В решении этой проблемы важную роль играют лесные культуры, однако здесь необходимо учесть следующее. Во-первых, искусственное лесовозобновление пока ориентировано в основном на ускоренное получение большей биомассы, что часто формирует древесину с меньшей плотностью [8] и, соответственно, пониженной жесткостью и прочностью. Не лишен оснований научный взгляд классика немецкого лесоводства проф. Г. Майра о превосходстве естественных древостоев над искусственными в формировании более плотной и прочной древесины [14]. Во-вторых, практически пока никто не учитывает потенциальное качество семян по принадлежности к определенному генотипу дерева с известными физико-механическими свойствами древесины [12], а посадочный материал не диагностируется по этим показателям.

Следовательно, традиционные способы создания лесных культур путем сбора шишек, получения семян, посадочного материала и выполнения комплекса лесокультурных работ (многократно на протяжении нескольких лет с немалыми затратами) в этом аспекте далеко не всегда бывают эффективными. Например, общая стоимость 1 га целевой плантации, созданной на селекционной основе, составляет к возрасту рубки не менее 1,0 млн р. [4].

Во избежание этих недостатков в целевом лесовыращивании в МарГТУ разработан способ ранней диагностики древесины на корню, в частности, для создания базы резонансного сырья с прогнозируемыми дендроакустическими свойствами [7, 10, 11]. Данный способ основан на выявлении динамического модуля упругости, который, как и плотность, имеет высокую корреляцию с другими показателями физико-механических свойств, являясь критерием прочности при изгибе и сжатии вдоль волокон древесины [1–3].

Следовательно, предложенный способ по сути универсален, т. е. может применяться при неразрушающей оценке технического качества подростка для объективной паспортизации лесоучастка в целях дополнительной кадастровой оценки на торгах (в случае выявления уникальных экземпляров); ускоренного формирования ценных древостоев из подростка с минимальными по сравнению с лесокультурами затратами и т.д.

На рис. 1 представлено устройство, иллюстрирующее осуществление предлагаемого способа.

Дендроакустические измерения заключаются в следующем. Гармонический сигнал поступает от полнодуплексной звуковой платы 2 системного блока компьютера на электромагнитный датчик (вибратор) 3, возбуждающий поперечные колебания вертикально установленного образца 5 посредством «колпачка» 4 из мягкого железа с внутренним диаметром, подогнанным по диаметру образца. После фиксации снятый электромагнитным датчиком сигнал поступает на вход полнодуплексной звуковой платы, проводится обработка данных по специальной программе. На экран монитора 1 выводятся соответствующая гистограмма и фактический к моменту испытаний динамический модуль упругости  $E_{\text{дин}}$ , вычисленный в автоматическом режиме:

$$E_{\text{дин}} = 12,775 \frac{l^4 f^2 \rho}{r^2},$$

где  $E_{\text{дин}}$  – динамический модуль упругости Юнга, МПа;

$l$  – длина образца, м;

$f$  – собственная (резонансная) частота образца, Гц;

$\rho$  – плотность образца, кг/м<sup>3</sup>;

$r$  – радиус образца, м.

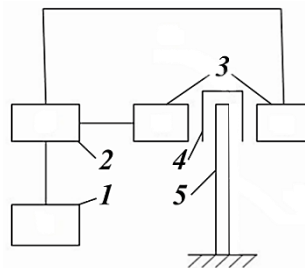


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для ранней диагностики древесины на корню

Таблица 1

## Расчет МОУ древесины вибрационным методом

№ п/п	№ образца	Длина	Рабочая длина	Диаметр	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Собственная частота, Гц	Модуль упругости, МПа
1	1-3	98,0	60,0	3,2	421,57	84	3 167,441
2	1-4	80,0	75,0	5,1	551,91	244	3 363,035
3	1-5	98,0	77,0	6,3	523,15	265	5 737,631
4	2-3	100,0	100,0	3,2	456,52	61	2 395,719
5	2-4	100,2	80,0	3,5	474,14	91	3 104,557
6	2-5	83,0	70,0	3,6	475,41	176	3 295,395
7	2-6	101,0	80,0	5,7	458,47	226	4 483,799
8	5-3	98,2	98,0	3,3	406,59	71	3 460,596
9	5-4	98,0	77,0	4,8	460,23	162	5 550,456
10	5-5	98,6	77,0	5,6	480,31	225	6 293,267
11	5-6	70,0	60,0	5,9	469,88	509	3 813,289
12	5-7	99,0	75,0	7,5	549,89	313	3 549,569

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, первая цифра в номере образца означает номер модельного дерева, вторая – место вырезки образца, начиная с третьего прироста с конца ветви.

Дендроакустические исследования с помощью нового устройства проводили в лесных культурах ели на территории учебно-опытного лесхоза ПГТУ. Тип условий произрастания – С<sub>2</sub>; почва – дерново-слабоподзолистая, суглинистая, свежая; способ подготовки площади под лесные культуры – полосный; ширина полос – 2,0 м, расстояние между ними – 6,0 м. Предварительно была произведена корчевка пней и двухрядная посадка 2-летних сеянцев ели обыкновенной с размещением в рядах через 0,8 м, расстояние между рядами – 1,0 м, отступ от края полосы – 0,5 м; возраст деревьев к моменту исследований – примерно 23...25 лет.

Опытными образцами служили черенки диаметром 3,0...7,0 мм и длиной 70,0...100,0 мм, взятые от боковых веток средней части кроны строго с ее южной стороны.

Результаты измерения модуля упругости (МОУ) древесины предложенным нами вибрационным методом представлены в табл. 1. Плотность древесины определена через выявление выталкивающей силы.

Для проверки данного метода МОУ образцов определяли и ультразвуковым [17] способом (табл. 2).

Сравнительный анализ результатов МОУ, полученных ультразвуковым и вибрационным методами, приведен в табл. 3 и на рис. 2.

Вибрационный метод определения динамического МОУ по точности не уступает ультразвуковому, что подтверждают результаты статистической обработки. В данном случае расчетное значение критерия Фишера для выбранного уровня значимости  $p = 0,05$  (т. е. меньше табличного) свидетельствует об однородности значений модуля упругости, полученных вибрационным и ультразвуковым методами. Положительный показатель корреляции  $r = 0,964$  свидетельствует о сопоставимости полученных значений МОУ.

Таблица 2

## Расчет МОУ древесины ультразвуковым методом

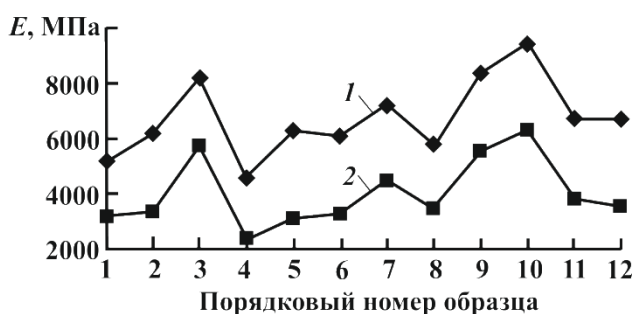
№ п/п	№ образца	Скорость ультразвука, м/с	Модуль упругости, МПа
1	1-3	3 500,00	5 164,216
2	1-4	3 333,33	6 132,362
3	1-5	3 951,61	8 169,086
4	2-3	3 164,56	4 571,801
5	2-4	3 630,43	6 249,165
6	2-5	3 577,59	6 084,829
7	2-6	3 960,78	7 192,419
8	5-3	3 762,45	5 755,755
9	5-4	4 260,87	8 355,430
10	5-5	4 421,52	9 390,100
11	5-6	3 783,78	6 727,274
12	5-7	3 485,92	6 682,094

Таблица 3

## Результаты статистической обработки МОУ древесины

Статистический показатель	Ультразвуковой метод	Вибрационный метод
Среднее значение, МПа	6 706,211	4 017,896
Среднее квадратическое отклонение, МПа	1 383,728	1 221,480
Дисперсия, МПа	1 914 703,708	1 492 014,145
Коэффициент вариации, %	20,634	30,401
Показатель точности, %	5,158	7,600
Относительная погрешность, МПа	10,993	16,196
Критерий Фишера		1,133
Коэффициент корреляции		0,964

Рис. 2. Модуль упругости древесины, определенный ультразвуковым (1) и вибрационным (2) методами



Способ ранней диагностики резонансных свойств древесины на корню защищен патентом РФ [7], где даются более детальные рекомендации по эксплуатации прибора. Практика показала его неоспоримые преимущества по сравнению с зарубежными аналогами, а также со стандартными методами

разрушающего контроля качества материала путем предварительной рубки дерева и изготовления опытных образцов:

сохранение жизнеспособности обследованных экземпляров ели с выявленными техническими свойствами, что делает возможным формировать из них особо ценные древостои;

оперативность и простота выполнения экспресс-диагностики с минимальными материально-техническими и трудовыми затратами;

возможность тиражирования аппаратно-программного комплекса в короткие сроки с относительно малыми затратами.

Таким образом, внедрение ранней диагностики технического качества подроста с помощью предложенного метода может служить основой для интенсификации лесопользования в целях ускоренного получения древесного сырья с прогнозируемыми техническими свойствами при одновременной минимизации общих расходов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волынский В.Н.* О взаимосвязи прочности древесины с несколькими ее параметрами, определяемыми неразрушающим способом // Лесн. журн. 1991. № 4. С. 60–64. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Волынский В.Н.* О методах определения модуля упругости при изгибе древесины и древесных материалов // Лесн. журн. 1984. № 1. С. 62–64. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Волынский В.Н.* Плотность и модуль упругости как критерии прочности чистой древесины // Лесн. журн. 1983. № 4. С. 76–80. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Кобельков М.Е.* Лесное семеноводство на пороге перемен // Лесная Россия. 2008. № 9. С. 4–8.
5. Лесная таксация и лесоустройство / А.В. Вагин [и др.]. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 368 с.
6. *Мелехов И.С.* Лесоведение: учеб. для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 408 с.
7. Пат. 2439561 РФ. МПК А 01 G 33/46. Способ ранней диагностики резонансных свойств древесины / Федюков В.И., Салдаева Е.Ю. // Бюл. изобрет. 2012. № 1.
8. *Полубояринов О.И.* Оценка качества древесины в насаждении. Л.: ЛТА, 1976. 76 с.
9. *Романюк Б.Д.* Актуальные вопросы интенсификации лесопользования в России // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4(29). С. 2–6.
10. *Федюков В.И.* Ель резонансная: отбор на корню, выращивание, сертификация. Йошкар-Ола, 1998. 204 с.
11. *Федюков В.И.* Сохранение генофонда резонансной ели в лесах России // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4(29). С. 23–25.
12. *Федюков В.И.* Форма семенных чешуй ели как диагностический признак резонансной ели на корню // Лесн. журн. 1998. № 1. С. 23–30. (Изв. высш. учеб. заведений).
13. *Lindstrom H., Harris, P., Nakada, R.* Methods for measuring stiffness of young trees // Holz als Roh-und Werkstoff 60. 2002. P. 165–174.
14. *Mayer H.* Der Waldbau auf naturgesetzlicher grundlage // Verl. Paul Parey. Berlin, 1909.

15. Nakamura N. Development of measuring Young's modulus of planting stock // J. Japan For Soc. 1997. 79(1). P. 43–48.

16. Ridoutt B.G, Sorenson C.T, Lausberg M.J.F. Wood properties of twenty highly ranked radiata pine seed production parents selected for growth and form // Wood Fiber Science. 1998. 30 (2). P. 128–137.

17. Stiffness and wood variation of 3-year-old *Pinus radiata* clones / H. Lindstrom, P. Harris, C.T. Sorensson, R. Evans // Wood Science and Technology 29. P. 321–338.

Поступила 04.10.11

*V.I. Fedyukov, E.Yu. Saldaeva, E.M. Tsvetkova*  
Volga State University of Technology

**Early Diagnosis of the Undergrowth Technical Quality as an Important Element of the Forest Management Intensification in Russia**

An analysis of the coniferous undergrowth technical quality has been carried out. Topicality of the young growth trees early diagnosis was vindicated, the specific versions of the diagnostics implementation are described in the article.

*Key words:* quality, undergrowth, techniques, diagnostics, elastic modulus, dendroacoustics.

---

УДК 630\*221.04

**Н.Н. Теринов<sup>1</sup>, А.А. Терин<sup>2</sup>, А.Г. Магасумова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Отдел лесоведения Ботанического сада УрО РАН

<sup>2</sup>Филиал «Сухоложский» ГУПСО ЛХПО (г. Сухой Лог)

<sup>3</sup>Уральский государственный лесотехнический университет

Теринов Николай Николаевич родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Уральский лесотехнический институт, научный сотрудник лаборатории популяционной биологии древесных растений и динамики леса отдела лесоведения Ботанического сада УрО РАН. Имеет 50 научных работ в области изучения динамики заселения и роста основных лесообразующих древесных пород в лесу, на вырубках, ветровальных площадях и влияния технологий и лесозаготовительной техники на лесорастительную среду.

E-mail: n\_n\_terinov@mail.ru



Терин Алексей Александрович родился в 1977 г., окончил в 2000 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, директор филиала «Сухоложский» ГУПСО ЛХПО. Область научных исследований – экономика лесного хозяйства и связанные с этим направлениями вопросы лесозаготовки и лесовосстановления.

E-mail: talexter@pochta.ru



Магасумова Альфия Гаптрауфовна окончила в 2000 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. отделом аспирантуры и докторантуры Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 20 печатных работ в области лесоведения и лесоводства.

E-mail: aspir\_USFEU@rambler.ru



## **КАЙМОВЫЕ РУБКИ КАК МЕТОД СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРЕННЫХ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ**

Приведены результаты опытно-производственной проверки способа каймовой рубки в сосновых древостоях. Доказана перспективность этого способа в качестве метода по обновлению коренных сосняков. Выдвинуто и косвенно подтверждено предположение об успешном применении каймовой рубки в производных мягколиственных насаждениях при решении задачи восстановления лесных площадей коренными темнохвойными древесными породами.

*Ключевые слова:* смена пород, каймовые рубки, сохранение и восстановление хвойных древостоев, рубки обновления и переформирования.

Увеличение на протяжении длительного периода в лесном фонде Свердловской области площадей производных мягколиственных древостоев [3–6, 9] привело к необходимости разработать комплекс мероприятий, которые на первом этапе будут способствовать сдерживанию, а на следующем – стабилизации и регулированию этого негативного процесса. В практике ведения отече-



ственного и зарубежного лесного хозяйства накоплен определенный опыт, связанный с успешным применением различных способов и технологий рубок, позволяющих препятствовать формированию производных листовенных насаждений. В этом отношении отлично зарекомендовал себя стародумский метод разработки лесосек узкими пасаеками, а также производные от него удмурдская, костромская, тагильская и карельская технологии заготовки леса, позволяющие сохранить на лесосеках до 50...75 % подроста от общего его количества до рубки [2, 12, 14]. С точки зрения сохранения лесорастительной среды и, прежде всего, естественного возобновления хвойных древесных пород применение этих технологий наиболее эффективно при проведении выборочных и постепенных, в том числе чересполосных постепенных, рубок. Последние хорошо проявили себя при переводе производных елово-лиственных в коренные темнохвойные древостои [1].

При решении задачи по предупреждению процесса смены пород и восстановлению вырубок коренными хвойными породами определенный интерес представляют рубки Вагнера, или каймовые рубки. Этот способ давно разработан и широко применяется в горных темнохвойных лесах Западной Европы [6]. Отводимый под эти рубки участок леса, начиная с края, сплошь вырубается узкой полосой вдоль всего выдела. После успешного возобновления этого участка рубку повторяют на следующем. Максимальные лесоводственный и экономический эффекты достигаются в том случае, когда на лесосеке уже имеется естественное возобновление хозяйственно ценных древесных пород [5]. При этом существенно сокращается период, в течение которого деревья достигают своей технической спелости, и уменьшаются либо совсем исключаются затраты на искусственное восстановление вырубок. Как правило, такие участки насаждений расположены на границе с открытыми пространствами (вдоль линий электропередач (ЛЭП), дорог, старых вырубок, телефонных линий, противопожарных разрывов), где в результате благоприятного светового режима создаются наилучшие условия для произрастания древесных пород. В России каймовые рубки регламентом не предусмотрены, несмотря на то, что лесорастительные условия для их применения, в частности, на Урале являются вполне удовлетворительными.

Последнее обстоятельство в комплексе с задачей по сдерживанию на вырубках процесса смены коренных хвойных пород на мягколиственные и определило цели настоящего исследования: первая – дать лесоводственную оценку состоянию соснового насаждения, пройденного каймовой рубкой 15 лет назад; вторая – на основе полученных результатов и имеющегося другого фактического материала теоретически обосновать лесоводственную эффективность способа каймовой рубки в производных темнохвойно-лиственнных насаждениях.

Для решения первой задачи 15 лет назад в кв. 2 Винокуровского лесничества Сухоложского лесхоза Свердловского управления лесами в 85-летнем высокополнотном (0,8) сосняке травяном, I класса бонитета составом 8С2Б

был подобран участок для опытно-производственных рубок обновления, основанных на технологии каймовой рубки. Участок вытянут в направлении север–юг и с восточной стороны ограничен ЛЭП шириной 100 м.

Основным документом, регламентирующим проведение работ по установлению таксационных показателей насаждения и закладке пробных площадей, являлся «Справочник общесоюзных нормативов для таксации лесов», составленный на основе законодательных актов и директивных документов [13]. Состав древостоя и его относительную полноту устанавливали на основе сплошного перечета деревьев по диаметру. Среднюю высоту и возраст рассчитывали на основании замеров высот и возраста у 3 средних по диаметру модельных деревьев. Для определения класса бонитета использовали шкалу бонитетов для семенных насаждений. Учет естественного возобновления производили на круговых площадках дважды: в период организации опытно-производственных работ и закладки пробных площадей и через 15 лет после проведения опытных рубок. Всего заложено 156 и 145 площадок общей площадью соответственно 0,11 и 0,15 га. Возраст подростка определяли по мутовкам, а у более развитых экземпляров корректировали на основании подсчета годовых колец на поперечном срезе шейки корня. Статистическую обработку данных производили на базе офисной программы Windows Excel и пакета статистических программ Statistica. Достоверность средних значений выборок с вероятностью 95 % определяли, сравнивая фактические ( $t_{\text{факт}}$ ) и табличные ( $t_{0,05}$ ) значения критерия Стьюдента.

В ходе обследования таксационного выдела было выявлено наличие до 2,5 тыс. экз./га жизнеспособного соснового подростка высотой в среднем около 1 м, возраст которого колебался от 6 до 16 лет. Также была отмечена и экспериментально подтверждена особенность его пространственного размещения: сосновый подрост в количестве 10...17 тыс. экз./га располагался на относительно узком (30 м) участке таксационного выдела вдоль ЛЭП. Это и определило ширину каймовой рубки. Общая ее площадь составила 1,8 га.

Рубку деревьев на лесосеке осуществляли как по выборочному, так и по сплошнолесосечному вариантам. В данной работе приводятся экспериментальные данные, относящиеся только к последнему варианту. Именно он оказался наиболее перспективным в плане восстановления вырубки коренной хвойной породой. Так, отдельные деревья соснового подростка на лесосеке через 15 лет после рубки достигали высоты 9 м и более, средняя их высота на 0,5...0,9 м превышала высоту деревьев на других участках.

Для более детального изучения пространственного размещения и параметров естественного возобновления участок условно был разделен на ленты, отстоящие на 0...5, 5...15 и 15...25 м от открытого места (ЛЭП). На них был произведен количественный учет подростка сосны и измерена его высота до и через 15 лет после проведения каймовой рубки (табл. 1).

Установлено, что среднее количество подростка сосны на границе с опушкой леса достигает 17,1 тыс. экз./га, его высота составляет 1,3 м. При продвижении в глубь древостоя среднее количество подростка достоверно снижается до 10 тыс. экз./га ( $t_{\text{факт.}} = 2,42$ ,  $t_{0,95} = 2,01$ ), высота – до 0,4 м ( $t_{\text{факт.}} = 9,00$ ,  $t_{0,95} = 2,01$ ).

Таблица 1

**Характеристика подроста сосны до (числитель)  
и через 15 лет после проведения каймовой рубки (знаменатель)**

Показатель	Значение показателя			
	в среднем участке	на расстоянии, м, от открытого места в глубь древостоя		
		0...5	5...15	15...25
Количество особей, тыс. экз./га	$14,3 \pm 1,13$	$17,1 \pm 2,26$	$15,4 \pm 2,14$	$10,0 \pm 1,86$
	$2,1 \pm 0,44$	$2,9 \pm 0,88$	$2,6 \pm 0,79$	$1,0 \pm 0,42$
Высота, м	$0,9 \pm 0,07$	$1,3 \pm 0,09$	$0,8 \pm 2,14$	$0,4 \pm 0,04$
	$7,6 \pm 0,43$	$8,4 \pm 0,45$	$7,9 \pm 0,30$	$6,3 \pm 0,46$

На этой лесосеке отмеченная до рубки существенная дифференциация высот у выжившего соснового подроста в целом сохраняется через 15 лет ( $t_{\text{факт.}} = 3,28$ ,  $t_{0,95} = 2,10$ ). Его количество также имеет тенденцию к уменьшению по мере продвижения в глубь древостоя. Однако к этим данным надо относиться с определенной осторожностью, так как на них существенно повлияла гибель части подроста сосны в результате рубки.

Через 15 лет после рубки доминирование сосны в составе естественного возобновления сохраняется (8С2Б+Ив, ед.Ос). При этом средняя высота мягколиственных пород на 0,5 м ниже средней высоты сосновых деревьев. Фактически на вырубленном участке сформировался сосновый молодняк I-II класса бонитета с равномерно размещенными по его площади деревьями главной породы в количестве 2 тыс. экз./га. В создавшихся условиях сосна не нуждается в дополнительных уходах в целях вывода ее в первый ярус.

При анализе экспериментального материала было отмечено, что в пределах каждой ленты наблюдается своя дифференциация подроста сосны по высоте после рубки. По-видимому, такая ситуация частично вызвана наследственными причинами, частично – благоприятными экологическими условиями произрастания, частично – тем и другим. Еще какая-то часть связана с определенными параметрами соснового подроста до рубки. Нами были изучены следующие показатели: прирост главного побега за год до рубки, среднепериодический прирост за 4 года до рубки, возраст и высота до рубки. Корреляционный анализ выявил наиболее тесную и достоверную связь высоты подроста после рубки с его высотой до рубки ( $R = 0,53$ ).

Более подробно о заселении, состоянии и сохранности соснового подроста, динамике его роста в высоту и по диаметру на лесосеке каймовой рубки и смежном с ней участке изложено в ранее опубликованных работах [15, 16].

Как уже было упомянуто выше, каймовые рубки не предусмотрены ни в предыдущих нормативных документах [7, 11], ни в ныне действующих правилах заготовки древесины [9]. Тем не менее положительный результат после их проведения в сосняках в качестве рубки обновления явился основанием для предположения, что эти рубки можно успешно применять и в производных

елово-лиственных древостоях в целях их переформирования в коренные темнохвойные.

Подтверждением этому послужили результаты 6–7-летних наблюдений за ростом елового подростка предварительной генерации в прилегающей к вырубке стене леса и реакцией темнохвойного возобновления разных групп высот после проведения выборочных рубок интенсивностью 30...40 % по запасу. Объекты исследования относятся к южнотаежным горным темнохвойным лесам и являются производными высокополнотными елово-лиственными насаждениями III класса бонитета со вторым ярусом и подростом темнохвойных пород.

В ельнике разнотравно-зеленомошном определяли влияние изменившихся в результате рубки лесорастительных условий на рост подростка ели, произрастающего на смежном невырубленном участке, и устанавливали на каком расстоянии от границы вырубки в глубь древостоя это влияние проявляется. С этой целью участок был условно разделен на ленты, отстоящие от края вырубки на 0...5, 5...10, 10...15 и 15...20 м. На лентах было подобрано по 30 модельных деревьев елового подростка (всего 120 экземпляров) высотой около 1 м, возраст которых составлял в среднем около 20 лет. Каждому дереву был присвоен свой номер. Далее в течение 7 лет проводили ежегодные измерения приростов главного побега у этих деревьев в высоту. Результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Динамика годичных приростов (см) подростка ели в зависимости от расстояния его местопроизрастания в древостое до открытого места в ельнике разнотравно-зеленомошном**

Показатель	Значение показателя на расстоянии, м, от открытого места в глубь древостоя			
	0...5	5...10	10...15	15...20
Прирост после рубки, лет:				
1	2,6 ± 0,19	3,3 ± 0,39	4,0 ± 0,42	3,9 ± 0,51
2	4,3 ± 0,36	4,0 ± 0,46	4,7 ± 0,48	4,6 ± 0,65
3	6,7 ± 1,29	5,0 ± 0,72	4,9 ± 0,78	5,4 ± 0,72
4	6,9 ± 1,13	9,4 ± 1,04	7,3 ± 1,00	7,2 ± 0,75
5	11,3 ± 1,79	9,7 ± 1,27	7,1 ± 0,77	5,3 ± 0,80
6	13,0 ± 2,37	10,4 ± 1,67	6,7 ± 0,90	5,2 ± 0,95
7	15,4 ± 3,38	11,3 ± 2,01	6,3 ± 0,97	9,1 ± 1,79
<i>Всего за 7 лет</i>	63,2	51,3	41,0	40,7
Среднепериодический прирост за 3...4 года до рубки	4,9 ± 0,37	5,7 ± 0,50	5,6 ± 0,34	6,8 ± 0,55

Существенное увеличение (в 1,7–2,3 раза) годичных приростов подростка ели в высоту по отношению к их среднепериодическим значениям до рубки произошло через 3...4 года после рубки и отмечено только у деревьев, произрастающих в 10-метровой полосе от опушки леса. Наиболее интенсивный темп роста в высоту отмечен у деревьев, находящихся в непосредственной близости от открытого места.

Таблица 3

## Динамика годовых приростов (см) основных групп высот темнохвойного подроста после рубок обновления и переформирования в ельнике липняковом

Показатель	Значение показателя для подроста		
	крупного	среднего	мелкого
Прирост после рубки, лет:			
1	$4,2 \pm 0,42$	$3,6 \pm 0,35$	$2,7 \pm 0,40$
	$7,5 \pm 1,57$	$4,9 \pm 0,54$	$2,4 \pm 0,29$
2	$3,9 \pm 0,61$	$3,2 \pm 0,68$	$2,4 \pm 0,23$
	$9,3 \pm 2,22$	$6,0 \pm 1,06$	$3,1 \pm 0,56$
3	$5,9 \pm 1,34$	$5,1 \pm 1,41$	$3,7 \pm 0,38$
	$16,7 \pm 2,45$	$11,8 \pm 1,58$	$4,9 \pm 0,67$
4	$10,3 \pm 0,62$	$8,6 \pm 0,79$	$6,9 \pm 0,47$
	$23,2 \pm 1,97$	$13,8 \pm 0,80$	$6,7 \pm 1,08$
5	$11,1 \pm 1,09$	$7,9 \pm 0,73$	$4,5 \pm 0,10$
	$22,5 \pm 2,17$	$12,6 \pm 1,29$	$5,8 \pm 0,40$
6	$14,6 \pm 1,38$	$8,4 \pm 0,55$	$5,9 \pm 0,20$
	$30,2 \pm 1,99$	$17,4 \pm 0,84$	$8,0 \pm 0,31$
Среднепериодический прирост:			
после адаптации	$11,6 \pm 0,91$	$8,2 \pm 0,43$	$5,7 \pm 0,42$
	$22,5 \pm 1,26$	$13,9 \pm 0,65$	$6,2 \pm 0,41$
за 3 года до рубки	$4,6 \pm 0,54$	$3,4 \pm 0,39$	$2,7 \pm 0,19$
	$6,9 \pm 0,77$	$5,8 \pm 1,08$	$2,6 \pm 0,20$

Примечание. В числителе – ель, в знаменателе – пихта.

Динамика роста темнохвойного подроста в зависимости от группы его высот изучена на 7 участках первого приема опытно-производственных рубок переформирования и обновления, расположенных в пределах одного таксационного выдела (ельник липняковый). На каждом участке в течение 6 лет у 25 ... 30 экземпляров подроста ели и пихты, взятых из каждой категории высот, произведены замеры приростов в высоту. Результаты исследований приведены в табл. 3.

На основании представленных данных можно сделать вывод, что после рубки адаптационный период подроста ели для всех групп высот составляет 3, а для пихты – 2 года. После адаптации среднепериодические значения приростов ели и пихты между группами высот имеют достоверные различия. В ходе корреляционного анализа установлена тесная прямолинейная и достоверная связь между приростом ели и пихты в высоту и их высотой до рубки: соответственно  $R = 0,90$  и  $0,91$ .

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

средняя высота соснового и темнохвойного подроста снижается по мере продвижения от опушки леса в глубь древостоя;

темп роста соснового и темнохвойного подростов после рубки достоверно и прямолинейно связан с их высотой до рубки;

наиболее развитые особи произрастают в непосредственной близости от опушки леса;

влияние открытого места на темп роста темнохвойного подроста в высоту распространяется на 10 м в глубь древостоя.

Последний вывод необходимо учитывать при обосновании ширины вырубной полосы леса при проведении каймовой рубки. Кроме того, сплошная вырубка 10-метровой каймы леса вдоль открытого пространства может быть использована как технологический элемент в общей схеме разработки лесосеки с применением постепенных, чересполосных постепенных и выборочных рубок.

Таким образом, при изучении еловых и сосновых насаждений выявились схожие закономерности формирования вертикальной структуры подроста по мере его удаления от опушки леса в глубь древостоев. Как в ельниках, так и в сосняках крупный подрост, формирующийся и произрастающий в непосредственной близости от открытых пространств, после вырубке верхнего яруса древостоя может успешно конкурировать с порослью лиственных пород и иметь больше шансов выйти в первый ярус формирующихся молодняков. На основании этого можно с большой долей вероятности утверждать, что в производных лиственных насаждениях с предварительным возобновлением темнохвойных пород каймовые рубки в качестве рубок переформирования будут также эффективны, как и рубки обновления, проведенные в сосновых древостоях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев П.В.* Чересполосно- и коридорно-пасечные рубки в елово-лиственных древостоях. Йошкар-Ола, 1967. 118 с.
2. *Анисимов П.М.* Сохранность подроста при различных способах заготовок леса // Лесн. хоз-во. 1966. № 3. С. 24–25.
3. *Боков В.Е.* Артинская казенная горнозаводская дача // Лесн. журн. 1901. № 4. С. 21–32.
4. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 2006 году. Екатеринбург, 2007. 299 с.
5. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 2007 году. Екатеринбург, 2008. 377 с.
6. *Мелехов И.С.* Рубки главного пользования. М., 1966. 373 с.
7. Наставления по рубкам ухода в лесах Урала. М., 1994. 100 с.

8. Основные тенденции в динамике лесного фонда Свердловской области и пути оптимизации лесопользования / Н.А. Луганский, Н.И. Теринов, С.В. Залесов, Г.М. Куликов // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. Екатеринбург, 1994. Вып. 17. С. 4–22.

9. *Переход В.И.* Краткая характеристика лесозаготовительных условий Уральской области // Записки лесопромышленного факультета УПИ: сб. науч. тр. Свердловск, 1929. Вып. 1. С. 15–27.

10. Правила заготовки древесины: приказ МПР РФ № 184 от 16 июля 2007 г. «Об утверждении правил заготовки древесины»: зарегистр. в Минюст РФ 22 окт. 2007 г. М., 2007. 20 с.

11. Правила рубок главного пользования в лесах Урала. М., 1994. 33 с.

12. *Ручин Е.П.* Ширина пасек и сохранность подроста в ельниках Коми АССР // Лесн. хоз-во. 1966. № 6. С. 71–72.

13. Справочник общесоюзных нормативов для таксации лесов. М.: Колос, 1992. 495 с.

14. *Теринов Н.И.* Из истории вопроса о сохранности подроста при рубке леса на Урале // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. Свердловск, 1968. Вып. 2. С. 93–95.

15. *Теринов Н.И., Магасумова А.Г., Панст А.Н.* Состояние и динамика роста соснового подроста на лесосеке каймовой рубки // Вестн. МГУЛ: сб. науч. тр. М., 2008. Вып. 3. С. 85–88.

16. *Теринов Н.И., Панст А.Н.* Опыт проведения каймовых рубок в сосняках Среднего Урала // Изв. СПбЛТА: сб. науч. тр. СПб., 2007. Вып. 181. С. 22–29.

Поступила 22.04.10

*I.N. Terinov<sup>1</sup>, A.A. Terin<sup>2</sup>, A.G. Magasumova<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>RAS, Ural Branch, Botanic garden, silvics department

<sup>2</sup>“Sukholozhskiy” branch, GUPSO LHPO

<sup>3</sup>Ural State Forestry Engineering University

### **Fringe Felling as a Method of Preservation and Rehabilitation of Autochthonous Coniferous Forest Stands**

Results of experimental-industrial verification of fringe felling technique in pine stands are presented. Prospectivity of autochthonous pine stands regeneration method has been proved. Advanced assumption of fringe felling techniques feasibility in secondary broadleaved stands with the aim of regeneration of autochthonous coniferous forest stands has been indirectly proved.

*Key words:* tree species conversion, fringe felling, preservation and rehabilitation of coniferous forest stands, renovation and species turnover felling.

УДК 640\*780

*Л.И. Аткина, М.В. Игнатова*

Уральский государственный лесотехнический университет

Аткина Людмила Ивановна окончила в 1980 г. Уральский государственный университет, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ландшафтного строительства УГЛТУ. Имеет 70 печатных работ в области состояния и развития насаждений в естественных условиях и в городской среде.  
E-mail: Atkina@mail.ru



Игнатова Мария Васильевна окончила в 2004 г. Уральский государственный лесотехнический университет, старший преподаватель кафедры ландшафтного строительства УГЛТУ. Имеет 6 печатных работ в области исследования накопления и формирования фитомассы кустарников в условиях урбосреды.  
E-mail Ignatova-mv@yandex.ru



### **ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ У ЯБЛОНИ ЯГОДНОЙ, РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО, БОЯРЫШНИКА КРОВАВО-КРАСНОГО В ГОРОДСКИХ ПОСАДКАХ г. ЕКАТЕРИНБУРГА**

Определены уравнения зависимости площади листовой поверхности от таксационного диаметра и от диаметра у основания ствола на примере яблони ягодной, рябины обыкновенной, клена ясенелистного, боярышника кроваво-красного.

*Ключевые слова:* деревья, кустарники, листовая поверхность, диаметр ствола, зависимость.

Защитные свойства древесных растений оцениваются степенью снижения отрицательных воздействий источников загрязнений [5, 6]. По сравнению с поверхностью других органов растений активная поверхность листьев преобладает количественно. Поэтому показатели листовой поверхности подходят для определения экологической значимости отдельных видов растений в озеленении населенных мест. Сегодня практически все программы по изучению экологической роли насаждений так или иначе связаны с оценкой массы или поверхности листвы, которые влияют на выделение кислорода, накопление пыли, поглощение веществ, выброшенных в атмосферу промышленными предприятиями и автотранспортом.

Различные породы деревьев и кустарников обладают не одинаковым пылезадерживающим эффектом. Для определения их экологической значимости в озеленении населенных территорий все чаще используют показатели листовой поверхности. В связи с тем, что рубка деревьев запрещена,



проведение традиционных измерений через определение массы кроны затруднительно. Поэтому пользуются таблицами, по которым можно определить листовую поверхность на основании таксационных показателей.

Для древесных пород часто применяют аллометрические зависимости массы кроны и площади поверхности листьев от площади поперечного сечения, диаметра или периметра несущей их ветви [1, 3, 4]. Эта же закономерность связывает площадь поверхности листьев с диаметром  $d$  дерева: у более мелких деревьев ( $d < 3$  см) она достоверна для площади поперечного сечения основания ствола, у более крупных ( $d > 3$  см) оказывается точнее для площади сечения ствола под кроной дерева [4].

Известно [7], что составленные по данным 12...15 модельных деревьев уравнения связи площади сечения и диаметра ствола на высоте груди обеспечивают удовлетворительную оценку площади поверхности листьев.

Цель данной работы – получить сравнительную характеристику особенностей распределения листовой поверхности у яблони ягодной (*Malus baccata* L.), боярышника кроваво-красного (*Crataegus sanguinea* L.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), клена ясенелистного (*Acer negundo* L.).

Материал собирали после завершения формирования листовой пластинки. Выборка включала в себя 100 листьев из нижней части кроны дерева, со стороны дороги. Размер листьев был средним для данного растения. Поврежденные или неразвитые листья отбраковывали [4]. Листья каждого растения хранили отдельно, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать индивидуальные результаты. При сборе указывали номер выборки, место отбора, давая максимально подробную привязку к местности.

Для получения математических зависимостей выбраны следующие показатели: диаметр у основания ствола и на высоте груди. На рис. 1 приведены графики, отражающие связь между площадью листовой поверхности и диаметром у основания ствола исследуемых видов, а в таблице – две функции (полиномиальная и степенная), применяемые для описания зависимостей.

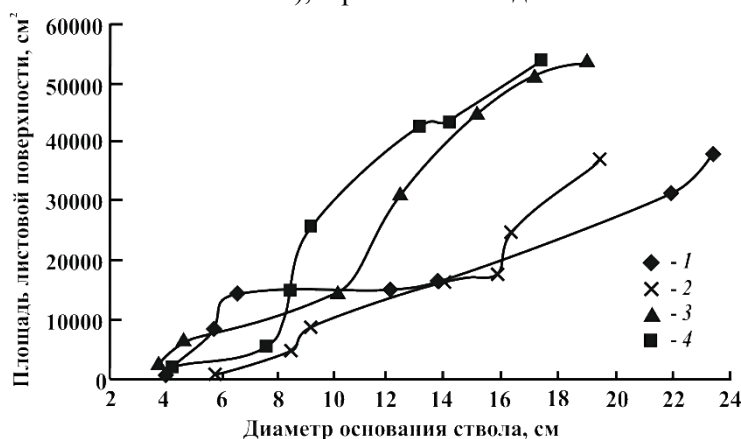


Рис. 1. Площадь листовой поверхности у особей с разным диаметром у основания ствола: а – боярышник кроваво-красный, б – яблоня ягодная, в – рябина обыкновенная, г – клен ясенелистный

## Уравнения зависимости площади листовой поверхности от диаметра ствола у исследуемых видов

Вид	Функция	Уравнение		Коэффициент детерминации	
		О	Т	О	Т
Боярышник	I	$y = 24,71x^2 + 899x + 1325,2$	$y = 124,91x^2 + 862,69x + 821,07$	0,93	0,94
	II	$y = 244,24x^{1,6436}$	$y = 344,38x^{1,8308}$	0,72	0,90
Клен	I	$y = -28,22x^2 + 5074,1x - 22678$	$y = 6,42x^2 + 4575,4x - 10047$	0,94	0,97
	II	$y = 57,72x^{2,5116}$	$y = 546,75x^{1,7998}$	0,91	0,98
Рябина	I	$y = 63,90x^2 + 2237,5x - 7632,7$	$y = -74,88x^2 + 6128,9 - 13928$	0,97	0,96
	II	$y = 200,32x^{1,9522}$	$y = 568,81x^{1,8159}$	0,97	0,98
Яблоня	I	$y = 124,35x^2 - 35,78x + 3310,1$	$y = 131,73x^2 + 658,12x - 55,37$	0,96	0,98
	II	$y = 18,16x^{2,5698}$	$y = 364,32x^{1,7466}$	0,94	0,98

Примечание. I – полиномиальная, II – степенная функция; О – диаметр у основания ствола, Т – таксационный, на высоте 1,3 м.

Первая точнее отображает процесс, но для составления таксационных таблиц более удобна вторая.

Коэффициент детерминации уравнений полиномиальной функции колеблется от 0,93 до 0,97, степенной – 0,72 до 0,97. Это свидетельствует о высокой точности выравнивания опытных данных.

Уравнения зависимости от диаметра на высоте груди имеют более высокий коэффициент детерминации (0,90...0,98), чем зависимости от диаметра у основания ствола. Большую точность при описании зависимости площади листовой поверхности от диаметра на высоте груди у клена ясенелистного и рябины обыкновенной дают степенные функции, а у яблони ягодной и боярышника кроваво-красного – полиномиальные.

Графики зависимости площади листовой поверхности от таксационного диаметра (1–4), выровненные по более приемлемым (см. таблицу) для них функциям (1'–4'), представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, линии зависимости у изученных видов объединяются в две группы: первая – боярышник и яблоня, вторая – рябина и клен. Видимо, это связано с морфологией листовой пластинки. Эту особенность можно использовать при моделировании процесса по одному из видов.

Общая площадь листовой поверхности складывается из двух составляющих – площади одного листа и количества листьев на дереве. При определении среднего размера листовой пластинки установлено, что этот показатель очень изменчив, отклонение от среднего размера у всех видов составляет 20...25 %. У экземпляров с диаметром ствола 2...4 см площадь листа на 2...3 см<sup>2</sup> меньше, чем у растений с большим диаметром ствола (10...12 см). Точной зависимости площади листа от диаметра ствола не установлено, но определенная тенденция прослеживается – чем крупнее дерево, тем больше листовая пластинка.

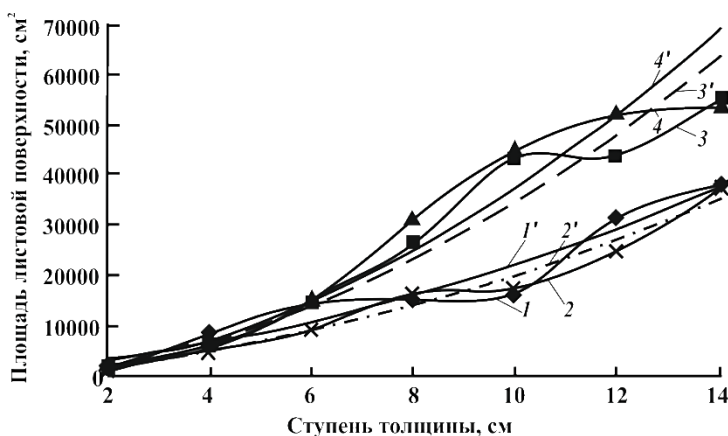


Рис. 2. Площадь листовой поверхности у особей с разным диаметром ствола на высоте 1,3 м: 1, 1' – боярышник, 2, 2' – яблоня, 3, 3' – рябина, 4, 4' – клен; 1 – 4 – фактические данные, 1' – 4' – по подобранному уравнению

Таким образом, полученные зависимости суммарной листовой поверхности от таксационного диаметра можно использовать для составления эскизов таблиц для определения площади листовой поверхности деревьев в прижизненном состоянии. Зависимость листовой поверхности от диаметра у основания ствола перспективна при проведении реконструкции данных о насаждениях, утраченных в результате незаконной вырубке или при пожаре.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вомперский С.Э., Иванов А.И.* Связь площади поперечного сечения заболони с массой хвои сосны обыкновенной // Лесоведение. 1984. № 3. С. 60–65.
2. *Козлов М.В., Соколова И.В.* Методика определения площади и массы листы берез // Лесоведение. 1984. № 6. С. 79–83.
3. Опыт оценки массы крон мелколиственных древостоев по параметрам ветвей и ствола / Т.А. Гульбе [и др.] // Лесоведение. 1991. № 2. С. 48–58
4. Площадь листьев у распространенных видов древесных лиственных растений в уличных посадках г. Екатеринбурга /Л.И. Аткина, М.В. Игнатова, Т.В. Корлыханова, М.С. Корлыханов // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: сб. тр. IV науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ростов-н/Д, 2007. 422 с.
5. *Сродных Т.Б.* Состояние озеленения в городах на севере Западной Сибири // Лесн. журн. 2005. № 3. С. 27–31. (Изв. высш. учеб. заведений).
6. *Термена Б.К., Буджак В.В.* Адаптационные возможности рябины глоговины // Лесн. журн. 1998. № 5. С. 26–33. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. *Kaufmann M.R., Troendle C.A.* The relationship of leaf area and foliage biomass to sapwood conducting area in four subalpine forest tree species // Forest Sci. 1981. Vol. 27. P. 477–486

Поступила 10.05.10

*L.I. Atkina, M.V. Ignatova*

Ural State Forestry Engineering University

**Dependence of Leafage Surface Area on Forest Inventory Characteristics for Dwarf Apple, Rowan Tree, Maple Ash and Redhaw Hawthorn in the Yekaterinburg Urban Plantations**

Dependence equations of leafage surface area on forest inventory diameter and stem diameter for dwarf apple, rowan tree, maple ash and redhaw hawthorn have been derived.

*Key words:* frees, bushes, leafage surface, diameter for dwarf, dependence.

---

УДК 630\*284.2:630\*385.1

**А.С. Новоселов**

Вологодский государственный технический университет

Новоселов Анатолий Сергеевич родился в 1984 г., окончил в 2007 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры геоэкологии и инженерной геологии Вологодского государственного технического университета. Имеет около 30 печатных работ в области изучения роста и смолопродуктивности сосняков на торфяных почвах.  
E-mail: TolyanNow@mail.ru



### **ВЛИЯНИЕ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА СТВОЛА НА СМОЛОПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ПОСЛЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

Установлено влияние среднего диаметра, воздействия несплошных рубок и местоположения по отношению к осушительным каналам на смолопродуктивность сосняков.

*Ключевые слова:* смолопродуктивность, сосна, гидролесомелиорация, сосновая живица, сосновый древостой, давность лесосоушения.

Изыскание альтернативной (по отношению к естественно дренируемым соснякам) возможности подбора лесосырьевой базы для добычи сосновой живицы подразумевает проведение глубоких исследований. Формирование сосновых древостоев на торфяных почвах посредством осушительной мелиорации значительно повышает их производительность и смолопродуктивность, а также приводит к неизбежной трансформации лесорастительных условий [1, 9]. Важными факторами в постепенном улучшении смолопродуктивности выступают: уровень грунтовых вод, прогреваемость торфяной залежи [2, 5, 7 и др.] и, как следствие, улучшение общей производительности древостоя за счет лесосоушения. Влияние несплошных рубок на смолопродуктивность сосняков в совокупности с воздействием мелиорации – важный аспект исследования для оптимизации добычи соснового терпентина (живицы).

Стоит признать тот факт, что доля участия сосны на естественно дренируемых территориях при нынешнем лесопользовании неукоснительно сокращается, в редких случаях достигая 0,4 по ствольной кубатуре, тогда как на осушаемых площадях она в основном колеблется около 1,0 [5].

Цель настоящего исследования – установить степень влияния среднего (таксационного) диаметра, местоположения по отношению к гидролесомелиоративной системе и лесосоушения в целом, а также воздействия несплошных рубок на индивидуальную изменчивость сосновых древостоев по смолопродуктивности.

Исследования проводили на территориях гидроресомелиоративных стационаров «Разрыв», «Дор» и «Кузнецово» в Сокольском районе Вологодской области. Лесоосушительные работы путем обустройства открытых самотечных каналов (расстояние между каналами – 120 (150) м, их глубина – 1,5 м) были проведены в 1979 г., комплексные несплошные рубки на стационаре «Дор» – в 2005 г. Опытная подсочка была проведена в 1983 г. на стационаре «Разрыв» и в 2008 г. на всех вариантах.

Подбор пробных площадей (ПП) осуществляли в соответствии со схемой заболоченных и болотных типов лесов, разработанной Н.И. Пьявченко [8] на основе фитоценотической типологии В.Н. Сукачева [12]. Закладку постоянных и временных ПП проводили с учетом требований ГОСТ 16486.6–80, ОСТ 56-69–83 [6] и методических рекомендаций В.Н. Сукачева и С.В. Зонна [12], В.Г. Рубцова и А.А. Кнize [10, 11]. Морфометрические показатели на ПП определяли по принятым в лесной таксации и лесоводстве методикам.

Подсочку сосен выполняли без химического воздействия восходящим способом нанесения подновок, используя одностороннюю карру шириной 10 см. Шаг подновки – 12 мм, угол – 45°, ее глубина – 4 мм, пауза вздымки – 3,5 дня. Было осуществлено 8 обходов на каждом объекте опытной подсочки.

Перед нанесением «усов» (первых подновок) и последующих технологических резов выполняли подготовительные операции: подрумянивание корки, нанесение контура карры с использованием трафарета, проведение желобка желобковым хаком, установка пленочных приемников вместимостью до 150 г путем подбивки внизу карры методом «в щап». Усы и регулярные подновки наносили универсальным хаком № 5 с резцом № 1.

Для взвешивания живицы использовали индивидуальный метод, рекомендуемый В.И. Сухановым [13]. Вес приемников перед их прикреплением к карре определяли среднестатистическим способом после предварительного взвешивания их партии на весах ВЛКТ-500. В конце периода подсочки выполняли подеревное взвешивание накопившейся живицы на технических весах CAS SW-05 (точность взвешивания  $\pm 1$  г). Смолопродуктивность оценивали по выходу живицы с карродециметрподновки (КДП), среднему выходу живицы с карроподновки при дециметровой ширине карры.

Установление показателей силы влияния таксационного диаметра на выход живицы с КДП ( $\eta^2$ ) и корреляционного отношения ( $\eta$ ) проводили по разработанным автором электронным таблицам (Microsoft Excel), составленным согласно рекомендациями И.И. Гусева [3] и М.Л. Дворецкого [4]. С этой целью данные по смолопродуктивности были сгруппированы по условным «ступеням»: ступень 3 – 2,0...3,9 г/КДП, ступень 5 – 4,0...5,9 г/КДП и т. д.

Колебания среднего диаметра по смолопродуктивности наиболее плавные в осушаемых сосняках без рубок (рис. 1, *a*). Все три представленные на этой гистограмме пробы имеют близкие средние диаметры в той или иной ступени смолопродуктивности. Объект комплексных рубок 2005 г. (рис. 1, *б*) по сравнению с контролем (ПП № 17), как и сосняки после лесоводственных уходов (рис. 1, *в*), показали наибольшую вариабельность среднего диаметра в ступени.

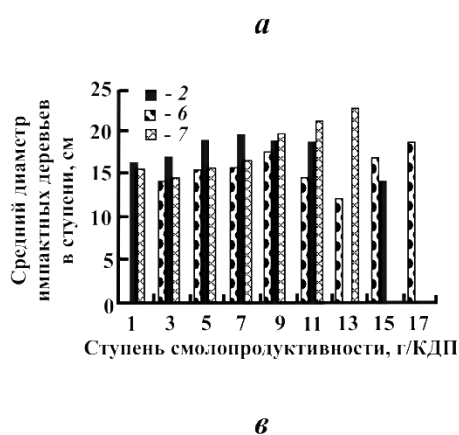
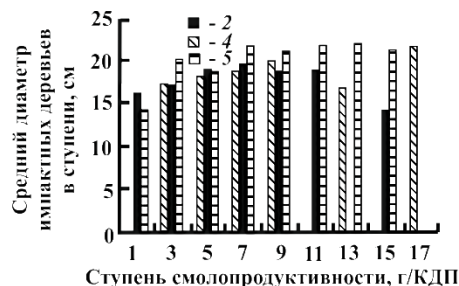
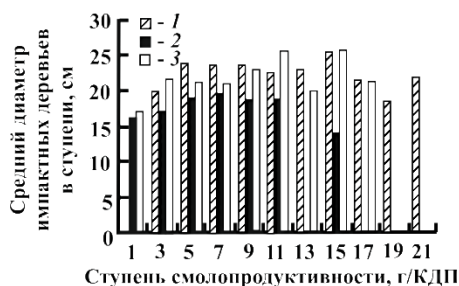


Рис. 1. Зависимость смолопродуктивности сосновых древостоев от среднего диаметра ствола (ПК – приканальная полоса, К – неосушенный контроль, МК – межканальное пространство): *а* – осушаемые без рубок, *б* – с рубками, *в* – после лесоводственных уходов; 1 – ПП № 8, ПК; 2 – ПП № 17, К; 3 – ПП № 9, МК; 4 – ПП № 13 ПК; 5 – ПП № 12, МК; 6 – ПП № 2, ПК; 7 – ПП № 1, МК

Влияние гидrolесомелиорации на индивидуальную смолопродуктивность сосняков находит отражение в изменчивости признака (таблица, коэффициент изменчивости) и характере рядов распределения (рис. 2). Сосняки, только претерпевшие осушительную мелиорацию (рис. 2, б), показали менее плавное смещение линии распределения вправо, чем прочие объекты. Наибольшее смещение рядов распределения вправо (к наиболее показательным ступеням смолопродуктивности) наблюдается на графиках для сосняков разной давности осушения (рис. 2, в, г).

На рис. 2, д изменчивость смолопродуктивности на объектах комплексных рубок (ПП №13) приблизительно совпадает с данными 1983 г. (5 лет после осушения), что может свидетельствовать о стрессовой ситуации, наблюдаемой у древостоев после несплошных рубок и лесоосушения.

Уровень тесноты связи (см. таблицу) между диаметром  $d_{1.3}$  и выходом живицы также наглядно возрастает (умеренная – по М.Л. Дворецкому [4]) при увеличении давности лесоосушения, тогда как на объектах 3-летней давности рубок (ПП № 12 и № 13), при интенсивно идущих процессах адаптации, связь слабая. Коэффициент изменчивости признака имеет наибольшие значения на объектах лесоосушения (межканальная полоса), комплексных рубок и контрольном объекте, т.е. показывает большую изменчивость.

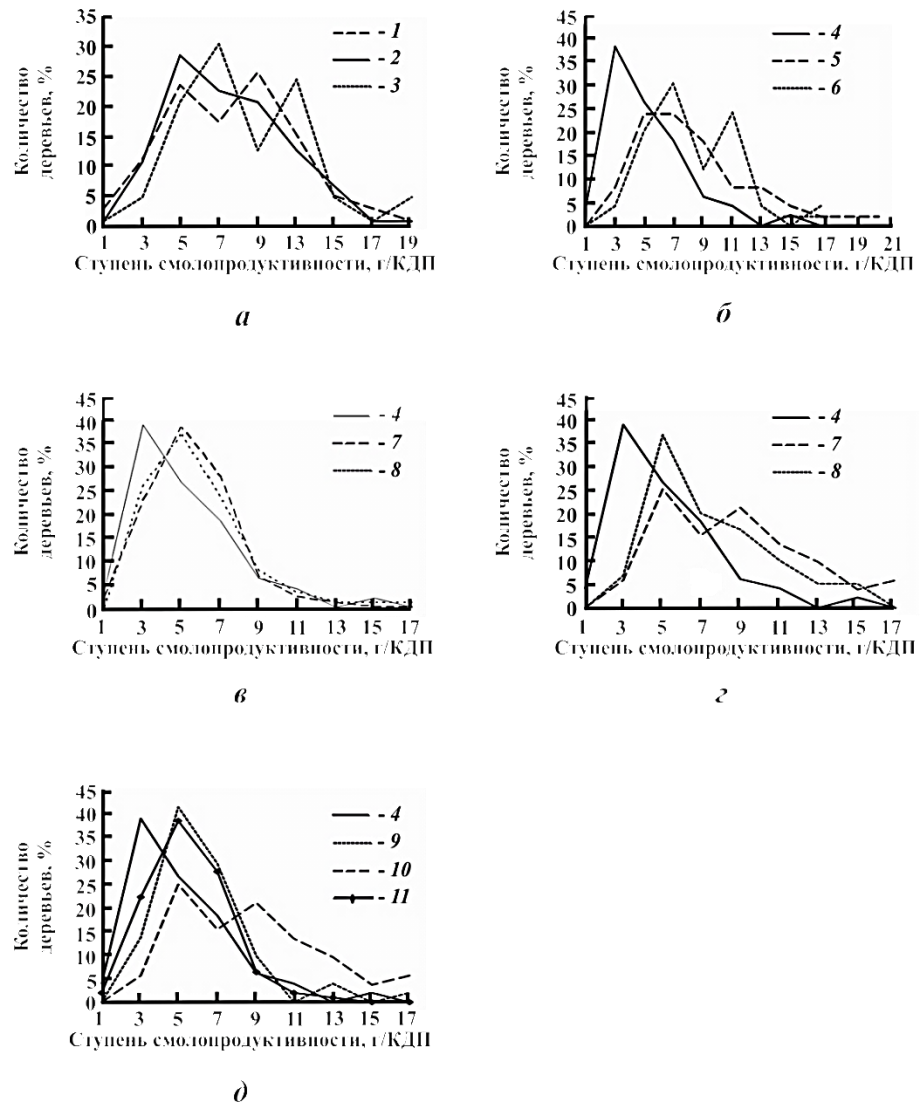


Рис. 2. Индивидуальная изменчивость опытных сосняков: *a* – осушаемые (1 и 2 – ПП № 6 и № 7) и заболоченные (3 – ПП № 10, контроль) на низинных торфяных залежах; *б* – осушаемые (5 и 6 – ПП № 8, ПК и № 9, МК) и контроль (4 – ПП № 17); *в* и *г* – объекты разной давности осушения (*в* – 1983 г., *г* – 2008 г.; 7 и 8 – ПП № 1, ПК и № 2, МК) и контроль (4 – ПП № 17); *д* – осушаемые без рубок (9 – ПП № 13, ПК) и с проведением рубок (10, 11 – ПП № 1, ПК (2008 г.) и № 1, ПК (1983 г.)) и контроль (4 – ПП № 17)



Статистические результаты смолопродуктивности и средние таксационные показатели сосняков

Номер ПП (год учета)	Средний выход живицы с КДП, г	Достоверность различия $t_0^*$ с контролем	Коэффициент корреляции ( $r \pm m_r, t_r$ ) между выходом живицы с КДП и диаметром	Коэффициент изменчивости выхода живицы с КДП, %	Средний диаметр заподсохших деревьев, см	Индекс типа леса	Средние таксационные показатели						
							Состав древостоя	Воз- раст, лет	Вы- сота, м	Диа- метр, см	Запас, м <sup>3</sup> /га		
1 (1983)	5,4±0,22	0,1	0,45±0,08; 5,55	45,6	15,3±0,27	С. черн.-зм., ос.	—	—	—	—	—	—	—
1 (2008)	8,5±0,38	5,8	0,46±0,08; 6,02	44,8	22,2±0,57	С. черн.-зм., ос.	10С	110	22,0	21,2	—	—	342
2 (1983)	5,7±0,28	0,8	0,27±0,10; 2,79	39,8	16,1±0,35	С. черн.-зм., ос.	—	—	—	—	—	—	—
2 (2008)	7,4±0,32	4,0	0,16±0,09; 1,17	44,6	22,1±0,48	С. черн.-зм., ос.	10С, ед.Б	110	19,5	21,1	—	—	341
6	7,6±0,38	4,2	0,28±0,10; 2,95	41,7	22,1±0,48	С. черн.-зм., ос.	10С, ед.Б и Б	135	22,0	20,5	—	—	381
7	7,4±0,30	4,2	0,35±0,09; 3,91	40,9	22,6±0,39	С. черн.-зм., ос.	10С, ед.Б	121	19,5	21,3	—	—	305
8	8,4±0,40	5,6	—	46,9	23,0±0,44	С. бр.-зм., ос.	10С	112	20,5	21,3	—	—	452
9	7,0±0,37	3,1	0,29±0,09; 3,15	53,4	21,9±0,42	С. бр.-зм., ос.	10С	100	19,0	18,7	—	—	414
12	6,6±0,39	2,2	0,31±0,09; 3,38	48,2	20,1±0,46	С. черн., ос.	9С1Е**	63	19,0	17,5	—	—	87
13	6,3±0,31	1,9	0,25±0,09; 2,68	43,1	18,2±0,38	С. черн., ос.	10С	66	14,0	13,6	—	—	4
10	8,7±0,45	5,6	0,28±0,09; 3,06	44,7	22,8±0,62	С. бол.-разнотр.	7С3Б, ед.Б**	82	19,0	21,8	—	—	204
17	5,4±0,37	—	0,12±0,10; 1,21	53,7	18,0±0,53	С. осок.-сф.	9С1Б**	116	12,5	15,8	—	—	160
									11,0	11,9	—	—	11

\*Дри стандартном значении критерия Стьюдента  $t_{40,95} = 2,1$ .

\*\*Таксационные показатели приведены по породам — по преобладанию в зависимости от состава.

Результаты дисперсионного анализа (поиск показателя силы влияния среднего диаметра ствола на смолопродуктивность) оказались следующими. Умеренная сила влияния ( $\eta^2 = 0,33 \pm 0,08$  при  $F = 6,8$ ) была установлена в приканальной полосе на объекте несплошной рубки (ПП №1) и в центре межканального пространства ( $\eta^2 = 0,38 \pm 0,13$  при  $F = 7,4$ ) только в осушаемых сосняках с переходной торфяной залежью. Другие проанализированные данные не выявили явных закономерностей, а особенно низкое влияние таксационного диаметра на выход живицы ( $\eta^2 = 0,09$ ) было зафиксировано на переходных торфяных почвах без проведения осушения (ПП №17).

#### Выводы

1. Сосновые древостои на осушаемых евтрофно-мезотрофных торфяных почвах обладают средней и высокой смолопродуктивностью (по В.И. Суханову [13]), значительно повышая значения по этому признаку при увеличении давности воздействия гидролесомелиорации на древостой.

2. Ряды распределения смолопродуктивности на осушаемых землях стремятся к нормальной кривой распределения (со смещением в правую сторону), что подтверждает положительное воздействие лесосушения.

3. Выявлены общие тенденции в распределении значений смолопродуктивности на низинных торфяных почвах при стрессовых ситуациях после лесосушения и рубок (ПП № 1, № 2 (1983 г.) и ПП № 12, № 13 (2005 г.)).

4. В сосняках 3-летней давности комплексных рубок отмечены явно выраженные адаптационные процессы к изменяющимся условиям среды, что следует (по мнению автора) учитывать при осуществлении подсочки сосняков и назначать такие объекты в подсочку только после 10-летнего адаптационного периода их роста на осушаемых торфяных почвах.

5. Уровень тесноты связи между смолопродуктивностью и средним диаметром на объектах лесосушения, а также осушения и рубок, колеблется от слабого до умеренного (по М.Л. Дворецкому).

6. По итогам дисперсионного анализа установлено, что в приканальной осушаемой полосе, в сосняках, пройденных несплошной рубкой, отмечена умеренная сила влияния таксационного диаметра на смолопродуктивность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волперский С.Э.* Биологические основы эффективности лесосушения. М.: Наука, 1968. 312 с.
2. Зависимость интенсивности смолы выделения сосны обыкновенной от уровня грунтовых вод / Н.З. Ворончихин, А.А. Корепанов, Н.А. Дружинин, М.А. Данилов // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1981. № 3. С. 24–26.
3. *Гусев И.И.* Моделирование экосистем: учеб. пособие. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 112 с.
4. *Дворецкий М.Л.* Практическое пособие по вариационной статистике. Йошкар-Ола: Изд-во Поволжского ЛТИ, 1961. 99 с.

5. Дружинин Н.А. Лесоводственно-экологическое обоснование ведения лесного хозяйства в осушаемых лесах: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб, 2006. 46 с.
6. ОСТ 56-69–83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. М., 1984. 20 с.
7. Петрик В.В. Лесоводственные методы повышения смолопродуктивности сосновых древостоев. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2004. 236 с.
8. Пьявченко Н.И. О научных основах классификации болотных биогеоценозов//Типы болот СССР и принципы их классификации. Л.: Наука, 1974. С. 35–43.
9. Новоселов А.С., Петрик В.В., Федяев А.Л. Некоторые аспекты смолопродуктивности сосняков на объектах гидролесомелиорации в Вологодской области // Лесн. журн. 2009. № 5. С. 44–51. (Изв. высш. учеб. заведений).
10. Рубцов В.Г. Закладка и обработка пробных площадей на осушенных насаждениях. Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. 44 с.
11. Рубцов В.Г., Книзе А.А. Ведение хозяйства в мелиорируемых лесах. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 120 с.
12. Сукачев, В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 144 с.
13. Суханов В.И. Классификация и районирование сосновых насаждений по смолопродуктивности Архангельской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 1978. 170 с.

Поступила 24.11.10

*A.S. Novosyolov*  
Vologda State Technical University

#### **Link Between Inventory Diameter and Resin Productivity of the Pine Stands on Peat Soils Subsequent to Silvicultural Practice**

As a consequence of statistical analysis of extensive factual material concerning resin exudation in the dewatered and felled pine stands, a range of conclusions relative to features of the pine trees growth on the areas of hydrotechnical melioration.

*Key words:* behavior pattern of the pine resin productivity, forest amelioration, pine galipot, pine stand, forest draining remoteness.

---

УДК 630\*23

**Н.В. Беляева, А.В. Грязькин**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Беляева Наталия Валерьевна окончила в 1992 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доцент кафедры лесоводства С.-Петербургского государственного лесотехнического университета. Имеет около 90 печатных работ в области естественного лесовозобновления, применения рубок ухода и комплексного ухода в сосновых и еловых лесах южной тайги, изучения видового разнообразия и устойчивости древесных пород в условиях городской среды, а также по вопросам высшего образования в России.  
E-mail: galbel06@mail.ru



Грязькин Анатолий Васильевич родился в 1951 г., окончил в 1981 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, профессор кафедры лесоводства С.-Петербургского государственного лесотехнического университета. Имеет около 200 печатных работ в области лесного ресурсоведения, ландшафтоведения, лесовосстановления, лесной экологии.  
E-mail: lesovod@bk.ru



## **ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ МОЛОДОГО ПОКОЛЕНИЯ ЕЛИ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ НЕСПЛОШНЫХ РУБОК**

В статье анализируются результаты длительных наблюдений за появлением и развитием подроста в елово-лиственных и лиственно-еловых древостоях кисличного и черничного типов леса после проведения добровольно-выборочных и равномерно-постепенных рубок. Отмечается, что несплошные рубки ускоряют восстановительную сукцессию лесных фитоценозов.

*Ключевые слова:* лесной фитоценоз, несплошные рубки, равномерно-постепенные и добровольно-выборочные рубки, елово-лиственные и лиственно-еловые древостои кисличного и черничного типов леса, биокруговорот, естественное лесовозобновление, подрост ели, численность и встречаемость подроста.

Подрост является одним из важнейших компонентов леса. Наблюдение за ходом естественного лесовозобновления под пологом древостоев, пройденных несплошными рубками, например добровольно-выборочными и равномерно-постепенными, позволяет лучше понять роль подроста в восстановительных реакциях фитоценоза, сохранении его устойчивости, повышении продуктивности и интенсивности биокруговорота. Появляется возможность проследить изменения характера сукцессии и получить информацию, необходимую для прогнозирования результатов несплошных рубок, включая заключительные этапы лесовыращивания. В результате расширяется база объективных данных, которые должны приниматься во внимание при корректировке режима лесопользования в сосновых и еловых древостоях кисличного и черничного типов леса.

Цель данной работы – анализ трансформации структуры молодого поколения ели в результате проведения несплошных рубок.

При изучении процесса естественного лесовозобновления определяли следующие показатели, позволяющие дать оценку успешности возобновления леса: численность подроста на единице площади; жизнеспособность подроста; структура подроста по высоте и равномерность его размещения по площади (встречаемость). Учет естественного лесовозобновления осуществляли по методике А.В. Грязькина [4, 6]. Полученный материал обрабатывали методами математической статистики.

*Результаты исследований*

Исследования проводили на постоянных пробных площадях (ПП), заложенных и изученных сотрудниками кафедры лесоводства С.-Петербургской государственной лесотехнической академии в 60-70-х гг. прошлого века в Лисинском учебно-опытном лесхозе Ленинградской области.

Характеристика объектов исследования в период закладки ПП (1960–70-е гг.) и на момент последней таксации (2010 г.) представлена в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Характеристика объектов на момент закладки ПП (1960–70 гг.)**

№ ПП	Состав, ярус	Класс бонитета	Тип леса	Относительная полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
1	I – 6,6Б3,2Ос0,2С+Е	III	Е.ЧС	0,55	236,9
	II – 10Е			0,25	71,5
2	5Е <sub>120</sub> 4Б <sub>90</sub> 1Ос <sub>90</sub>	II	Е.ЧС	0,65	329,7
3	5Е <sub>100</sub> 3Б <sub>100</sub> 1С <sub>100</sub> 1Ос <sub>100</sub>	II	Е.ЧС	0,80	320,0
4	5Ос <sub>100</sub> 3Е <sub>100</sub> 1С <sub>100</sub> 1Б <sub>100</sub>	III	Ос.ЧС	0,70	248,0
5	I – 8С <sub>120</sub> 2Ос <sub>30</sub>	II	С.ЧС	0,48	205,7
	II – 6,3Б <sub>80</sub> 3,7Е <sub>120</sub>			0,36	99,3
	III – 10Е <sub>75</sub>			0,27	68,1
6	I – 8,4Е <sub>150</sub> 0,3С <sub>150</sub> 0,9Б <sub>110</sub> 0,4Ос <sub>110</sub>	II	Е.ЧС	0,47	262,5
	II – 9,2Е <sub>80</sub> 0,5Б <sub>50</sub> 0,3Ос <sub>50</sub> ед. Ол (с)			0,18	295,2
7	I – 5,1Е <sub>140</sub> 1,9Е <sub>100</sub> ,5С <sub>160</sub> 2,0Б <sub>160</sub> 0,5Ос <sub>160</sub>	III	Е.ЧС	0,54	207,0
	II – 9,6Е <sub>80</sub> 0,4Ол(с) <sub>40</sub>			0,21	259,0

Таблица 2

**Характеристика объектов на момент последней таксации (2010 г.)**

№ ПП	Вид рубки	Состав, ярус	Средние		Класс бонитета	Тип леса/ТУМ	Относительная полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
			высота, м	диаметр, см				
1	РПР	7Е <sub>40</sub> 3Б <sub>40</sub>	10	10	III	Е.ЧС/В <sub>2</sub>	0,7	90
2	РПР	8Е <sub>60</sub> 1Б <sub>50</sub> 1Ос <sub>50</sub>	18	10	II	Е.КС/С <sub>2</sub>	0,8	250

Окончание табл. 2

№ ПП	Вид рубки	Состав, ярус	Средние		Класс бонитета	Тип леса/ТУМ	Относительная полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
			высота, м	диаметр, см				
3	РПР	I – 4C <sub>150</sub> 2E <sub>150</sub> 2B <sub>120</sub> 2Oc <sub>120</sub>	25	30	III	С.ЧС/B <sub>2</sub>	0,6	260
		II – 10E <sub>40</sub>	8	6			0,6	60
4	РПР	I – 4C <sub>150</sub> 2E <sub>150</sub> 2B <sub>120</sub> Oc <sub>120</sub>	25	30	III	С.ЧС/B <sub>2</sub>	0,6	260
		II – 10E <sub>40</sub>	8	6			0,6	60
5	РПР	4C <sub>150</sub> 3E <sub>130</sub> 2Oc <sub>120</sub> 1B <sub>120</sub>	26	30	III	С.ЧС/A <sub>2</sub>	0,5	210
		8E <sub>80</sub> 2B <sub>80</sub>	19	18			0,4	130
7	ДВР	8E <sub>130</sub> 2B <sub>120</sub> +C <sub>130</sub>	22	24	III	Е.ЧС/B <sub>2</sub>	0,6	220

Примечание. Е.ЧС – ельник черничный свежий, Е.КС – ельник кисличный, С.ЧС – сосняк черничный свежий, ТУМ – тип условий местопроизрастания, РПР – равномерно-постепенная рубка (на объектах 3–5 был проведен только первый прием рубки), ДВР – добровольно-выборочная рубка.

Анализ основных характеристик подроста ели до и после проведения несплошных рубок (табл. 3) показал, что на всех объектах исследования, как до рубки, так и после нее, отмечено наличие подроста.

На ПП 2, где была проведена двухприемная РПР, сохранность подроста ели составила 86,7 %, его численность – 13 000 экз./га, из которых к 2010 г. сформировался елово-лиственный древостой состава 8E<sub>55</sub>1B<sub>45</sub>1Oc<sub>45</sub>.

Таблица 3

**Сохранность и численность подроста ели на объектах до рубки (числитель) и после первого приема несплошной рубки (знаменатель)**

№ ПП (характеристика рубок, год проведения)	Сохранность подроста после рубки, %	Численность подроста, экз./га
2 (2-приемная РПР; 1-й прием – 1962 г., 2-й – 1980 г.)	86,7	15 000/13 000
3 (незавершенная РПР; 1-й прием – 1960 г.)	96,5	7 130/6 887
4 (незавершенная РПР; 1-й прием – 1959 г.)	86,8	21 900/19 000
5 (незавершенная РПР; 1-й прием – 1964 г.)	–	13 800/Нет. свед.
6 (ДВР, 1980 г.)	62,5	8 000/5 000
7 (ДВР, 1976 г.)	75,0	8 000/6 000

Примечание. Учет естественного возобновления на ПП 1 до и после первого приема рубки не производился.

Аналогичная ситуация наблюдается на ПП 3 и 4 с незавершенной (второй прием рубки не проводился) РПР. После первого приема на ПП 3 и 4 сохранность подроста ели составила соответственно 96,5 и 86,8%, его численность – 6 887 и 19 000 экз./га. При этом, чем больше интенсивность постепенной рубки, тем ниже сохранность имеющегося подроста и больше численность самосева, появившегося после нее. Это подтверждается и другими исследователями. По данным М.П. Синькевича [9] сохранность подроста ели в процессе механизированных несплошных рубок, как правило, высокая, но зависит от интенсивности рубки. При интенсивности 35...65 % сохраняется 80...85 % имеющегося под пологом подроста, а при более высокой интенсивности – всего 70 %.

К 2010 г. из подроста, сохраненного после первого приема рубки на ПП 3 и 4, сформировался полноценный второй еловый ярус (см. табл. 2), под пологом которого развивается новое поколение ели, т. е., несмотря на то, что второй прием рубки не был проведен, лесовозобновительный эффект был достигнут.

Несколько иная картина наблюдается на объектах ДВР (ПП 6 и 7). Сохранность подроста ели на этих ПП составила 62,5 и 75,0 %, его численность – соответственно 5 000 и 6 000 экз./га, что в 2–3 раза ниже, чем после РПР.

Таким образом, во всех случаях несплошные рубки выполнили лесовозобновительную функцию, но при этом РПР эффективнее. На наш взгляд, это в первую очередь связано с тем, что на участках РПР и ДВР создаются благоприятные условия для появления и роста всходов. Сказанное подтверждают и исследования, проведенные с 1958 г. по 1970 г. Уральской лесной опытной станцией под методическим руководством ВНИИЛМ в лесхозах и леспромхозах Южного, Среднего и Северного Урала (Челябинская, Свердловская и Пермская области). Количество самосева ели через 4...6 лет после проведения несплошных рубок оказалось в 6–12 раз выше, чем на примыкающих к ним участках сплошных рубок на расстоянии до 50 м от стены леса [7].

Кроме того, показатели сформированных древостоев и результаты учета естественного возобновления ели, проведенного в 2010 г., свидетельствуют об успешном лесовозобновлении, продолжающемся в лесном фитоценозе и по настоящее время (табл. 4). Проанализируем результаты более детально.

Как видно из табл. 4, на всех пробных площадях под пологом древостоев, сформировавшихся после несплошных рубок 30...40 лет назад, отмечается активное развитие нового поколения ели. При этом четко прослеживается некоторая закономерность, в первую очередь, связанная с видом рубки.

На объектах завершенных двухприемных РПР (ПП 1 и 2) численность елового подроста соответственно составила 3 153 и 2 333 экз./га, что в среднем в 1,4 раза меньше, чем на опытных участках, пройденных незавершенными РПР (ПП 3, 4, 5) и в 1,6 раза меньше, чем на пробных площадях, где были проведены ДВР (ПП 6 и 7). Вероятно, это можно объяснить тем, что после незавершенных РПР и ДВР оставленные деревья выполняли роль обсеменителей и, тем самым, способствовали увеличению численности подроста ели.

Таблица 4

**Основные характеристики естественного лесовозобновления  
после несплошных рубок**

№ ПП	Вид рубки	Характеристика подростa					
		Состав	Возраст*, лет	Высота*, см	Прирост*, см/год	Численность, экз./га	Встречаемость, %
1	РПР	9Е	10,9	180,9	14,8	3 153	96,7
		1Б	0,1	2,3	0,2	257	10,0
2	РПР	10Е	8,1	113,6	12,4	2 333	90,0
3	РПР	10Е	13,2	263,4	17,6	3 988	93,3
4	РПР	10Е	9,4	147,3	14,1	4 295	95,0
5	РПР	8Е	13,1	241,5	17,5	2 952	80,0
		1,6Б	5,6	162,7	27,8	618	16,7
		0,4Ос	3,7	159,1	42,5	157	6,7
6	ДВР	10Е	10,7	159,6	13,4	4 380	98,3
7	ДВР	10Е	9,8	150,9	13,8	4 183	96,7

\*Средневзвешенные показатели.

При этом на ПП 1 численность молодого поколения ели оказалась в 1,4 раза выше, чем на ПП 2. Это связано, прежде всего, с типом леса: в первом случае – ельник черничный, во втором – ельник кисличный. Большое влияние на возобновление ели в кисличном типе леса оказывает доля злаков, осок и ситников в суммарном проективном покрытии почвы растительностью. При увеличении данного показателя численность подростa снижается, что объясняется биологической особенностью указанных групп растений: они образуют дернину, мешающую прорастанию семян и росту всходов [3, 5, 6].

Особое внимание стоит уделить ПП 5, где, кроме елового подростa, успешно произрастает и подрост лиственных пород, что также связано с низкой полнотой материнского древостоя, способствующей появлению и развитию светолюбивого подростa березы и осины.

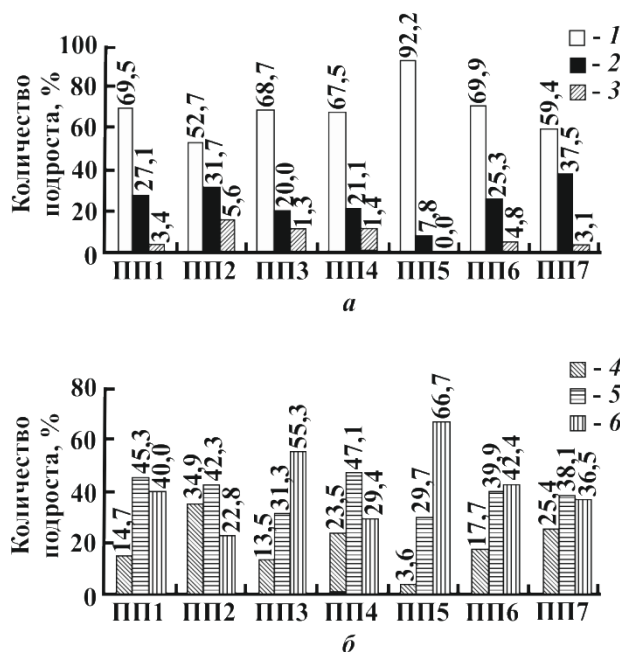
Отметим, что на объектах ДВР (ПП 6 и 7) к 2010 г. численность елового подростa оказалась в 1,3 раза больше, чем на участках РПР. Это связано с распадом первого яруса и формированием древостоев полнотой соответственно 0,4 и 0,6 из сохраненного подростa после несплошных рубок, проведенных 30...40 лет назад.

Как видно из рисунка *а*, от 53 до 92 % подростa ели на всех ПП является жизнеспособным. Доля сухого подростa составляет от 3 до 16 %, т.е. при несплошных рубках она в среднем не превышает 10 %, что подтверждают и более ранние исследования [8]. Подрост ели, независимо от степени его жизнеспособности, после начального приема постепенной рубки обнаруживает очень высокую жизнестойкость. Отмирают лишь единичные экземпляры [9].

Представление о структуре подростa ели по высоте на всех объектах исследования дает рисунок *б*.



Распределение подроста ели по категориям состояния (а) и группам возраста (б): 1 – жизнеспособный, 2 – нежизнеспособный, 3 – сухой, 4 – мелкий, 5 – средний, 6 – крупный



Наибольшее количество жизнеспособного подроста (92,2 %) было зафиксировано на ПП 5, что, на наш взгляд, связано с низкой сомкнутостью полога материнского древостоя. Проведение незавершенной РПР на этом участке вызвало изменение экологического режима. В результате чего, во-первых, произошли структурные изменения в древостое (уменьшилось число деревьев), изменилось соотношение между кроновой, подземной и стволовой фитомассой древостоя в пользу первых двух [1, 2, 5], во-вторых, вследствие снижения конкуренции со стороны древостоя было отмечено разрастание живого напочвенного покрова [3], в-третьих, произошло резервирование части высвободившихся почвенных ресурсов в ризосфере [1, 2]. Все это привело к активизации процессов малого биокруговорота, постепенному вовлечению сохранных ресурсов в продукционный процесс и, как следствие, к появлению подроста ели. На этом объекте не было отмечено отпада (сухого подроста ели нет).

Наименьшая численность жизнеспособного подроста была зафиксирована на ПП 2, что объясняется высокой сомкнутостью полога материнского древостоя (0,9) и конкуренцией за свет, влагу, элементы питания со стороны живого напочвенного покрова, прежде всего злаковых, осоковых и ситниковых растений. На этом же участке отмечается наибольшее количество сухого и нежизнеспособного подроста ели – соответственно 15,6 и 31,7 %. На остальных объектах доля жизнеспособного подроста составляет в среднем 60...70 %.

Таким образом, количество жизнеспособного подроста ели после проведения несплошных рубок будет определяться качеством их проведения, сомкнутостью полога материнского древостоя, структурой живого напочвенного

покрова. Вид несплошной рубки не будет оказывать решающего влияния на состояние подроста.

Данные, представленные на рисунке б, показывают, что на высотную структуру подроста ели сильно влияет вид несплошной рубки. На объектах двухприемных РПР (ПП 1 и 2) преобладает средний по высоте подрост (соответственно 45 и 42 %), что связано, в первую очередь, с полнотой древостоя, сформировавшегося в течение 30...40 лет после последнего приема рубки (соответственно 0,7 и 0,8). При этом установлена следующая закономерность: чем выше полнота древостоя, тем больше доля мелкого подроста. Подтверждением этого является ПП 2, где при полноте 0,8 на мелкий подрост приходится 35 % от общего числа молодого поколения ели, в то время как на ПП 1 доля мелкого подроста не превышает 15 %.

На опытных участках, пройденных незавершенными РПР (ПП 3 и 5), преобладает крупный по высоте подрост (соответственно 55 и 67 %), что связано с высокой полнотой двухъярусного древостоя и сомкнутым пологом. Это препятствует появлению достаточного количества подроста ели.

Является исключением ПП 4, пройденная незавершенной РПР. По составу сформировавшегося после последнего приема древостоя данный участок идентичен ПП 3, однако отличается расположением. Местоположение ПП 3 ровное, слегка возвышенное со слабым уклоном на юго-восток, почва – суглинистая среднеподзолистая, свежая. ПП 4 занимает ровное, но слегка пониженное местоположение, почва торфянисто-подзолистая, суглинистая, влажная, что и затрудняет появление нового поколения ели.

Как видно из рисунка б, ДВР способствуют формированию среднего и крупного подроста ели в равных пропорциях, при этом велика доля мелкого по высоте подроста, что является наиболее эффективным с точки зрения лесоводства, так как способствует формированию разновозрастных древостоев, обеспечивая постоянство лесопользования.

Кроме того, возраст подроста, его высота и средний прирост на пробных площадях, пройденных РПР (ПП 1–5), заметно больше, чем на объектах ДВР (ПП 6 и 7) (табл. 4). Из этого следует, что РПР ускоряют восстановительные процессы в лесных фитоценозах.

Таким образом, исследования, проведенные на объектах несплошных рубок, показывают, что такие рубки ускоряют восстановительную сукцессию фитоценозов, вызывая в них такие изменения, которые проявляются на более позднем возрастном этапе. Их результатом является усложнение структуры фитоценоза за счет активного формирования и развития более молодого поколения (второго яруса древостоя, а в дальнейшем и нового поколения подроста). Такая реструктуризация проходит в положительном для хозяйства направлении, поскольку функционально обеспечивает решение основной задачи рубки – успешное естественное лесовозобновление в основном за счет подроста предварительного возобновления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляева Н.В., Григорьева О.И.* Характеристика состояния подроста после сплошных рубок и «кольцевания» осины // Вестн. Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Саратов: Изд-во Саратовского ГАУ, 2009. № 11. С. 5–9.
2. *Беляева Н.В., Данилов Д.А.* Закономерности естественного лесовозобновления на объектах рубок ухода и комплексного ухода за лесом // Изв. СПбГЛТА. Вып.188. СПб.: СПбГЛТА, 2009. С. 30–39.
3. *Беляева Н.В., Григорьева О.И., Пакконен Н.А.* Связь между численностью елового подроста и суммарным проективным покрытием напочвенной растительности на объектах выборочных рубок // Материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф. «Леса России в XXI веке». СПб.: СПбГЛТА, 2010. С. 53–64.
4. *Грязькин А.В.* Пат. № 2084129 РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста. № 94022328/13; Заяв. 10.06.94; Оpub. 20.07.97, Бюл. № 20.
5. *Грязькин А.В.* Возобновительный потенциал таежных лесов (на примере ельников Северо-Запада России): моногр. СПб.: СПбГЛТА, 2001. 188 с.
6. *Грязькин А.В.* Структурная организация фитоценозов южной тайги (на примере ельников зеленомошной группы типов леса). СПб.: СПбГЛТА, 1999. 136 с.
7. *Данилик В.Н.* Совершенствование рубок главного пользования на Урале // Материалы науч. конф. по вопросам лесн. хоз-ва. М., 1970. 183 с.
8. *Набатов Н.М.* Динамика появления и роста хвойного подроста при постепенных рубках // Материалы науч. конф. по вопросам лесн. хоз-ва. М., 1970. 183 с.
9. *Синькевич М.П.* Обобщение опыта несплошных рубок в лесах Карельской АССР // Вопросы практического лесоводства в хвойных лесах Северо-Запада РСФСР: межвуз. сб. Петрозаводск, 1980. 168 с.

Поступила 28.06.11

*N.V. Belyaeva, A.V. Gryazkin*  
St. Petersburg State Forestry Engineering University

**Transformation of the Spruce Young Growth Structure Subsequent to Selective and Gradual Cutting**

Results of long-term observations of a young growth emergence and development in the spruce and deciduous species stands of wood sorrel and whortleberry types subsequent to selective and gradual cutting have been analyzed. It is noted that non-clear cuttings precipitates recreative succession of forest phytocenosis.

*Key words:* forest phytocenosis, non-clear cutting, gradual cutting, selective cutting, spruce, deciduous species stands of wood sorrel and whortleberry forest types, biological cycle, natural reforestation, spruce young generation, undergrowth number and occurrence.

УДК 630\*8

**Ю.К. Богачев<sup>1</sup>, А.А. Штинева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>УБЭП ГУВД по г. С.-Петербургу и Ленинградской области

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства

Богачев Юрий Константинович родился в 1970 г., окончил в 2002 г. Ленинградский государственный университет, в 2007 г. – Российский университет дружбы народов, сотрудник УБЭП ГУВД по г. С.-Петербургу и Ленинградской области. Имеет 3 печатные работы в области экономики и управления лесным хозяйством.  
E-mail: ubogachev@rambler.ru



Штинева Анастасия Александровна окончила в 1994 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат экономических наук, заведующий лабораторией экономики СПбНИИЛХ. Имеет более 20 научных работ в области экономики, организации и комплексного использования лесных ресурсов.  
E-mail: spb-niilh@inbox.ru



## **СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ PEFC КАК ИНСТРУМЕНТ ИСКЛЮЧЕНИЯ НЕЛЕГАЛЬНО ЗАГОТОВЛЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ИЗ ТОРГОВОГО ОБОРОТА**

Рассмотрены основные элементы системы добровольной лесной сертификации PEFC в области исключения нелегально заготовленной древесины из торгового оборота. Проанализированы статистические данные по охране лесов от нарушений лесного законодательства в Ленинградской области. Сделаны выводы о значении добровольной лесной сертификации как важного инструмента исключения нелегально заготовленной древесины из торгового оборота.

*Ключевые слова:* добровольная лесная сертификация, PEFC, нелегально заготовленная древесина, нарушение лесного законодательства, охрана лесов.

Лесная сертификация в условиях современной России становится все более востребованным процессом, направленным не только на интеграцию лесопромышленного комплекса нашей страны в мировое экономическое пространство, обеспечение устойчивого лесопользования, но и на исключение нелегально заготовленной древесины из торгового оборота.

До недавнего времени единственной международно признанной системой добровольной лесной сертификации, использовавшейся в России, была система FSC (Forest Stewardship Council). В системе Российского национального совета по добровольной лесной сертификации были разработаны два стандарта: FCR-ST-01–2006 – стандарт системы лесопользования и лесопользования;

FCR-ST-02–2006 – стандарт системы прослеживания происхождения лесопродукции по цепочке поставок от производителя к потребителю.

PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) является крупнейшей в мире международной организацией, включающей в себя национальные системы лесной сертификации различных стран. Сертификат PEFC предоставляет гарантии покупателю в том, что покупаемая им продукция происходит из независимо сертифицированных лесов, управляемых в соответствии с пан-Европейскими критериями и индикаторами [1]. Сегодня по PEFC сертифицировано 242 млн га лесов и выдано более 8500 сертификатов. Россия возобновила членство в PEFC в июне 2011 г.

Сертификация в лесном хозяйстве исключает использование незаконно заготовленной древесины. Борьба с «черными» лесорубами и повышение прозрачности в работе лесопромышленного комплекса ведется как за счет взаимодействия правоохранительных органов, общественных природоохранных организаций, так и путем совершенствования законодательства.

В декабре 2011 г. в С.-Петербургском НИИ лесного хозяйства состоялась церемония вручения сертификата PEFC по лесопромышленному предприятию «ММ-Ефимовский», которое стало первой российской компанией, сертифицированной по системе PEFC Russia в области менеджмента качества услуг.

Лесной фонд Ленинградской области составляет 5,6 млн га. На территории более 300 тыс. га, лесопользователем которой является ООО «ММ-Ефимовский», компанией-аудитором ЗАО «Бюро Веритас» было обследовано 28 лесных участков. На некоторых из них обнаружены редкие виды лесных растений, внесенные в красные книги разных уровней. Такие участки исключены из лесопользования.

К общеевропейским критериям устойчивого управления лесами по системе PEFC относятся:

поддержание и соответствующее увеличение лесных ресурсов:

поддержание санитарного благополучия и жизнеспособности лесных экосистем;

сохранение и поддержание продуктивных функций лесов;

сохранение и поддержание соответствующего повышения биологического разнообразия в лесных экосистемах;

поддержание прочих социально-экономических функций и условий.

Добровольная лесная сертификация в настоящее время используется не только для обеспечения устойчивого лесопромышленного управления, но и для прослеживания происхождения лесопродукции «от заготовителя к потребителю».

Цепочка поставок в программе PEFC – это все изменения принадлежности лесоматериалов и продуктов из них, происходящие во время заготовки, транспортировки, обработки и продажи в цепочке «от леса до конечного использования» или «от производителя к потребителю».

Первый сертификат системы лесоправления и прослеживания происхождения лесопродукции по цепочке поставок от производителя к потребителю на соответствие стандартам PEFC-FCR был выдан финской аудиторской компанией INSPESTA компании ООО «Месялиито Подпорожье» в 2009 г.

Система PEFC-FCR применяется только в отношении индивидуальных и территориальных заявителей и не используется для групп заявителей. Согласно правилам индивидуальной сертификации заявитель должен контролировать исполнение требований стандарта всеми подрядчиками, выполняющими операции на сертифицированных лесных площадях.

К перечню несоответствий, которые выявляются в ходе аудита и направлены на исключение нелегально заготовленной древесины из торгового оборота, относится ситуация, когда на предприятии отсутствуют процедуры защиты лесных (арендных) участков от незаконных рубок и других неразрешенных видов деятельности.

Программа предусматривает следующие способы и методы решения выявленного несоответствия:

разработка процедур контроля и пресечения незаконных рубок и других неразрешенных видов деятельности, включающая регистрацию случаев незаконных и неразрешенных видов деятельности;

патрулирование собственных арендных участков;

регистрация незаконных видов деятельности;

сотрудничество по вопросам пресечения незаконных и неразрешенных видов деятельности с лесничеством, лесопарком, РОВД, ОБЭП.

Кроме того, в рамках программы в организации должна быть разработана процедура досудебного решения спорных вопросов по правам владения и пользования лесными ресурсами, компенсации ущерба, причиненного в результате хозяйственной деятельности организации.

Если в ходе аудита зафиксирован переруб расчетной лесосеки по арендному лесному участку, предприятие не может доказать неистощительность установленного объема пользования или лесохозяйственный регламент не содержит расчета объема пользования на долгосрочную перспективу, предусмотрен целый ряд мер на устранение этих несоответствий:

предприятие должно решить вопрос об исключении участков, отнесенных к категориям ОЗУ или к защитным лесам, из расчета пользования или исключить эти участки из аренды;

обратиться в лесоустроительное предприятие с просьбой произвести расчет и обоснование расчетной лесосеки на период 50...100 лет, а также принятого расчета объема пользования.

Предметом аудита в этом случае будут проверка наличия данных об утвержденной расчетной лесосеке по лесничеству в лесохозяйственном регламенте на срок его действия; проверка обоснования расчетной лесосеки и динамики изменения расчетной лесосеки за предшествующий период по материалам лесоустройства; оценка степени использования расчетной лесосеки

по материалам государственного лесного реестра, ежегодному отчету по использованию лесосечного фонда; проверка обоснования перерасчета объема пользования на основании анализа изменений в лесном законодательстве.

Программа PEFC допускает стандартизацию процедуры цепи поставок в виде стандарта предприятия.

Сертифицированный материал и сертифицированная продукция с различным содержанием сертифицированного материала должны четко идентифицироваться на всем протяжении процесса производства/продажи, включая хранение. Это достигается с помощью физического разделения на производственной площадке и на складе, или физического разделения во времени, или четкого обозначения сертифицированного материала/продукции во время процесса [1].

В момент продажи или передачи сертифицированной продукции потребителю организация должна предоставлять потребителю копию или доступ к сертификату лесопользования и цепочки поставок. Организация должна уведомлять потребителей о любых изменениях в области действия сертификата цепочки поставок и использовать свой сертификат цепочки поставок по назначению.

Следует отметить, что добровольная лесная сертификация интересна, в первую очередь, экспортно-ориентированным лесоперерабатывающим предприятиям, поставляющим свою продукцию в европейские страны. Безусловно, цена на продукцию с логотипом PEFC и FSC будет на 20...30 % выше, чем на несертифицированную продукцию, поэтому крупные лесопромышленные компании стремятся получить сертификаты лесопользования и цепочек поставок, чтобы увеличить свои доходы. Все больше зарубежных потребителей запрашивают как FSC-, так и PEFC-сертифицированную продукцию от своих поставщиков.

За 2006–2011 гг. площадь лесов, сертифицированных по стандарту системы лесопользования, в стране увеличилась в 2 раза и достигла 54 млн га. В Ленинградской области это лесозаготовительные компании «Интернэшнл Пейпер», «Свир Тимбер», «Петровлес», входящие в состав крупнейших лесопромышленных холдингов, т. е. тенденция к проведению добровольной лесной сертификации имеет устойчивый рост.

За 2008–2011 г. объемы нелегальной заготовки среди регионов Северо-Западного федерального округа РФ (СЗФО РФ) снизились только в Ленинградской, Архангельской, Мурманской и Псковской областях.

Впечатляют темпы падения объемов незаконных рубок в Ленинградской области – в 5,6 раза за 4 года! Скорее всего, такую динамику можно объяснить тем, что Ленинградская область относится к наиболее освоенным лесопромышленным регионам со сложившейся культурой ведения лесного хозяйства. Данный факт подтверждается ее высоким рейтингом в области качества лесопользования [2].

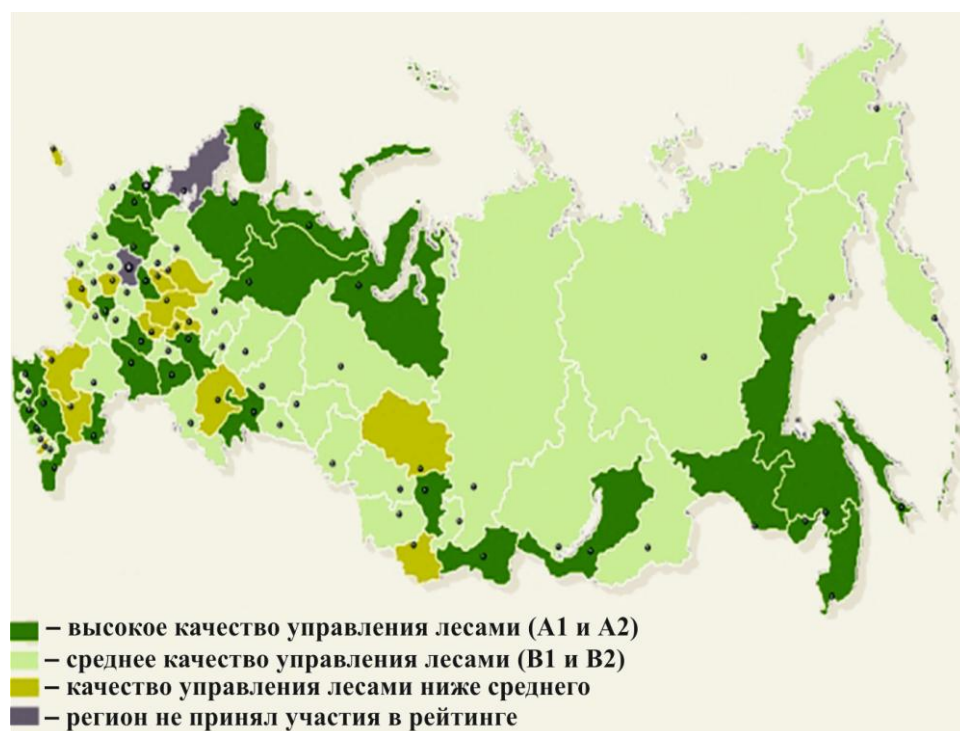
В Ленинградской области более 90 % площади земель лесного фонда передано в аренду, т. е. у лесов появился долгосрочный пользователь, почти собственник. А там, где есть собственник, возникают рыночные мотивы хозяйственной деятельности и необходимость оберегать территорию, за которую он несет ответственность.

Показатель	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Число незаконных рубок леса	1696	1106	541
В том числе совершенных невыявленными нарушителями	1432	865	387
Ущерб от незаконных рубок леса, млн р.	1260,0	474,5	341,9
Объем незаконных рубок леса, тыс. м <sup>3</sup>	65,2	27,2	21,3

В таблице представлены данные по охране лесов Ленинградской области от нарушений лесного законодательства в области незаконных рубок за 2010–2011 гг.

Как видно из таблицы, в 2011 г. по сравнению с 2009 г. число незаконных рубок леса снизилось в 3 раза, в том числе рубок, совершенных невыявленными нарушителями, – более чем в 2 раза. Статистика показывает, что все показатели охраны лесов от нарушений лесного законодательства, связанные с незаконной рубкой леса, улучшились.

Интересно, что положительная динамика по снижению объемов незаконных рубок в субъектах СЗФО РФ коррелирует с результатами оценки экологической устойчивости управления лесами (см. рисунок).



Рейтинг качества управления лесами – оценка экологической устойчивости управления лесами



Из рисунка видно, что высокое качество управления лесами для обеспечения экологической устойчивости наблюдается в Ленинградской, Архангельской, Мурманской областях и Республике Коми. Эта связь, в том числе, обусловлена наличием в рейтинговой оценке такого показателя, как доля площади лесов, сертифицированных по международно признанным системам, в площади арендованных земель лесного фонда.

Вероятно, корреляционная связь между увеличением субъектов и площади лесной сертификации и уменьшением случаев и объемов незаконной рубки леса по мере развития институтов обеспечения устойчивого лесопользования должна возрасти.

Следовательно, есть все предпосылки к тому, чтобы в процессе интеграции лесопромышленного комплекса нашей страны в мировое экономическое пространство лесная сертификация стала одним из основных инструментов исключения нелегально заготовленной древесины из торгового оборота.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжков А.Е., Проказин Н.Е. Система добровольной лесной сертификации PEFC-FCR. Оценка лесопользования, лесопользования и цепочки поставок лесопроизводства на соответствие международным требованиям: учеб. пособие. М.: Система PEFC-FCR, 2011.

2. Шматков Н., Григорьев А., Фивейская Е. О результатах и методике рейтинга государственного управления лесами в субъектах Российской Федерации в 2011 г. // Устойчивое лесопользование. 2012. № 1 (30).

Поступила 9.02.11

**Y.K. Bogachev<sup>1</sup>, A.A. Shtineva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Central Internal Affairs Directorate, Economic Crimes Department

<sup>2</sup>St. Petersburg Forestry Research Institute

#### **PEFC System of Voluntary Forest Certification as a Tool for Exclusion of Illegally Logged Timber from Trade**

The article considers basic elements of the system of voluntary forest certification PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) in exclusion of illegally logged timber from trade. Statistical data on forest protection against forest legislation violations in the Leningrad region are analyzed. Conclusions about the significance of forest certification as an important tool for exclusion of illegally logged timber from trade turnover are made.

*Key words:* voluntary forest certification, PEFC, illegally logged timber, forest legislation violation, forest protection.



УДК 625.731.001.24

**В.С. Морозов**

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры строительной механики и сопротивления материалов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 45 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.  
E-mail: v.morozov@agtu.ru



## РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ОСНОВАНИЙ ЗИМНИХ ДОРОГ НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ГРУНТАХ

Предложена методика расчета оснований зимних дорог на прочность, базирующаяся на определении положения нейтральной оси и эквивалентного модуля упругости.

*Ключевые слова:* мерзлый торф, напряжения, прочность, модуль упругости.

Один из простейших способов строительства зимних (в том числе лесовозных) дорог на болотах состоит в расчистке проезжей части от снега с последующей проминкой поверхности болота трактором для формирования основания из мерзлого торфа.

Важной практической задачей, связанной с оценкой несущей способности таких дорог, является разработка научно обоснованных рекомендаций по определению минимальной толщины слоя мерзлого торфа для пропуска автопоездов заданной грузоподъемности. Приближенные методы решения этой задачи изложены в работах [4, 5], однако сама методика требует дальнейшего уточнения на основе более углубленного изучения напряженно-деформированного состояния массива мерзлого торфа в основании дороги.

В данной работе приведены некоторые результаты исследований по оценке прочности полотна зимних дорог на болотах с учетом ряда свойств мерзлого торфа, влияющих на работоспособность покрытия.

При разработке предлагаемой методики используем следующие основные предпосылки.

1. Слой мерзлого торфа в основании зимних дорог принимаем за балку (плиту) бесконечно большой длины постоянного поперечного сечения, лежащую на линейно-деформируемом полупространстве (талый торф), деформа-

ционные свойства которого характеризуются коэффициентом постели. Такая предпосылка использована в работах [5, 6] и подтверждена результатами наших исследований по изучению напряженно-деформированного состояния оснований зимних дорог на болотах с помощью метода конечных элементов [3].

2. Температура массива мерзлого торфа зависит от изменения температуры воздуха, имеет различные значения в отдельных точках массива, но в общем случае монотонно повышается от минимальной отрицательной  $\Theta_{\text{п}}$  на поверхности проезжей части дороги до  $0^\circ\text{C}$  на подошве основания [2].

3. Модуль упругости мерзлого торфа  $E$  зависит от его температуры  $\Theta$ . Функция  $E(\Theta)$  в общем случае является нелинейной. Как и температура, модуль упругости монотонно уменьшается от наибольшей величины на поверхности проезжей части дороги до значения, которое ввиду его малости можно принять равным нулю.

4. Мерзлый торф представляет собой разномодульное тело, т. е. имеющее различные значения модуля упругости при растяжении и сжатии, которые могут отличаться друг от друга в несколько раз. Как отмечено в работе [5], мерзлый торф при сжатии работает как пластический материал, а при растяжении – как хрупкий.

5. Связь между напряжениями и деформациями принимается линейной, поэтому реологические свойства мерзлого торфа не рассматриваем. Следовательно, механические свойства мерзлого торфа полностью зависят от модуля упругости и коэффициента Пуассона.

Расчетная эпюра изменения модуля упругости мерзлого торфа по глубине основания дороги, учитывающая рассмотренные выше предпосылки, приведена на рис. 1. Она состоит из верхнего (1) и нижнего (2) участков. При изгибе балки (плиты) толщиной  $H$  на нейтральной оси эпюры модулей упругости имеется скачок, связанный с изменением характера деформации торфа.

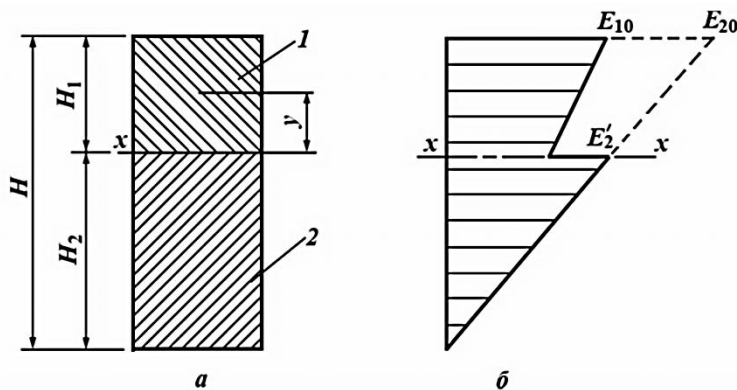


Рис. 1. Расчетная схема поперечного слоя зимней дороги (а) и эпюра изменения модуля упругости мерзлого торфа по глубине основания (б): 1 – участок сжатия с максимальным модулем упругости на поверхности дороги  $E_{10}$ ; 2 – участок растяжения с максимальным модулем упругости на поверхности дороги  $E_{20}$

Расчет на прочность при изгибе балки (плиты) под воздействием внешней нагрузки от колес автопоезда включает определение положения нейтрального слоя, эквивалентного модуля упругости плиты, ее прогибов и напряжений в торфе.

Способы определения положения нейтрального слоя разномодульного тела рассмотрены в работе [1]. Расчетное уравнение

$$E_{10} v^2(3-v) - E_{20} (1-v)^3 = 0, \quad (1)$$

где  $v$  – безразмерный параметр,  $v = H_1/H$ ;

$H_1$  – расстояние от нейтральной оси ( $x-x$ ) до поверхности дороги.

Безразмерный параметр  $v$  находим, используя метод итераций (процесс вычислений быстро сходится, так как  $v < 1$ ). Например, при  $E_{10} = 460$  МПа и  $E_{20} = 1600$  МПа имеем  $v = 0,462$ . Отсюда  $H_1 = 0,462 H$ , т. е. нейтральная ось смещена вверх по отношению к оси симметрии плиты.

Нормальные напряжения в поперечном сечении балки (плиты) определяем с помощью зависимостей, приведенных в работе [1]:

для зоны сжатия

$$\sigma_1 = \frac{E_{10}}{H\rho} (H_2 y + y^2); \quad (2a)$$

для зоны растяжения

$$\sigma_2 = \frac{E_{20}}{H\rho} (H_2 y + y^2), \quad (2б)$$

где  $\rho$  – радиус кривизны балки (плиты) в данном сечении;

$H_2$  – толщина зоны растяжения,  $H_2 = H - H_1$ ;

$y$  – расстояние от нейтральной оси до произвольного волокна сечения.

Эквивалентный модуль упругости

$$M = \int_F y \sigma dF.$$

С учетом выражений (2a) и (2б) приводим это уравнение к следующему виду:

$$M = \frac{B}{12H\rho} [E_{10} H_1^3(4H - H_1) + E_{20} (H - H_1)^4],$$

где  $B$  – ширина проезжей части дороги.

Выражая момент через эквивалентный модуль упругости

$$M = \frac{E_3 J}{\rho} = \frac{E_3 B H^3}{12\rho} \quad (3)$$

и вводя безразмерный параметр  $v$ , получаем

$$E_3 = E_{10} v^3(4-v) + E_{20} (1-v)^4. \quad (4)$$

Следовательно, расчет балки (плиты) из разномодульного материала можно заменить расчетом балки из одномодульного материала, имеющего эквивалентный модуль упругости. Его нетрудно найти по уравнению (4). Например, при  $E_{10} = 460$  МПа,  $E_{20} = 1600$  МПа и  $\nu = 0,462$  получаем  $E_3 = 294,5$  МПа.

Для определения нормальных напряжений с учетом уравнения (3) используем следующие уравнения:

$$\sigma_1 = \frac{E}{E_3} \frac{M}{JH} (H_2 y + y^2); \quad (5a)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{E_3} \frac{M}{JH} (H_2 y + y^2). \quad (5b)$$

Основание из мерзлого торфа представляет собой плиту, расчет которой можно выполнить по известным алгоритмам [6] с использованием эквивалентного модуля упругости. Однако такой метод недостаточно удобен для анализа, так как не позволяет получить расчетные зависимости в конечном виде. Поэтому выполнен расчет слоя мерзлого торфа как балки на упругом основании с введением поправочного коэффициента  $\alpha$  ( $\alpha$  – коэффициент изгиба), учитывающего поперечные деформации слоя. Коэффициент  $\alpha$  зависит от ширины проезжей части и может быть найден экспериментально или аналитически по известной методике [6].

При загрузении балки силами давления от осей автопоезда, получаем

$$M = \frac{\sum P_i \mu_i}{4k}, \quad (6)$$

где  $\sum P_i \mu_i$  – система эквивалентных грузов;

$$\mu_i = e^{-kx_i} (\cos kx_i - \sin kx_i);$$

$k$  – коэффициент относительной жесткости балки и ее основания,

$$k = \sqrt[4]{\frac{U}{4E_3 J}};$$

$U$  – модуль упругости основания балки,  $U = C B \alpha$ ;

$C$  – коэффициент постели;

$B$  – ширина проезжей части.

Для вычисления напряжений по уравнению (6) следует найти изгибающий момент в данном сечении, а затем определить напряжения по уравнению (5).

Эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения слоя мерзлого торфа приведена на рис. 2, по длине участка на поверхности дороги – на рис. 3.

Рис. 2. Эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения слоя мерзлого торфа

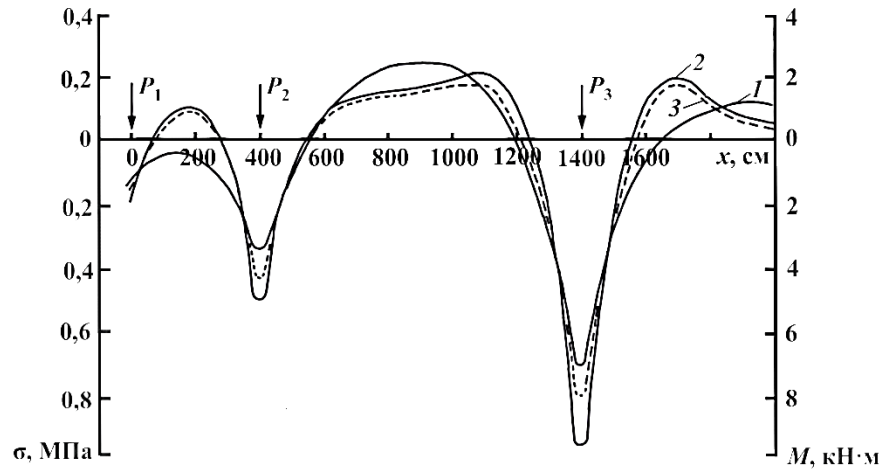
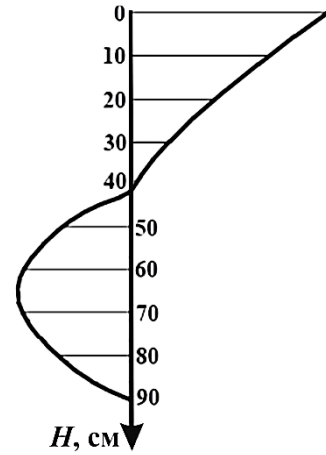


Рис. 3. Эпюры нормальных напряжений по длине участка на поверхности дороги (1, 2) и изгибающих моментов (3) при различных значениях коэффициента постели: 1 – 1 Н/см<sup>3</sup>; 2, 3 – 5 Н/см<sup>3</sup>

Нормальные напряжения  $\sigma$  рассчитаны для следующих исходных данных:  $E_{10} = 460,0$  МПа,  $E_{20} = 1600,0$  МПа,  $E_3 = 294,5$  МПа,  $C = 5$  Н/см<sup>3</sup>,  $\alpha = 1$ ,  $H = 90$  см,  $B = 900$  см, нагрузка от автопоезда с тремя осями:  $P_1 = 4\ 950$  Н,  $P_2 = 9\ 600$  Н,  $P_3 = 165\ 000$  Н.

По рис. 2 установлено, что сжимающие напряжения имеют наибольшие значения на поверхности дороги. При  $y = H_1$  получаем

$$\sigma_{1\max} = \frac{12E_{10} M v}{E_3 B H^3}$$

Ординату максимума растягивающих напряжений определяем из условия  $d\sigma_2/dy = 0$ , откуда  $y = -H_2/\rho$  и

$$\sigma_{2\max} = -\frac{3E}{E} \frac{M(1-\nu)^2}{BH^2}.$$

Для данного вида торфа отношение  $|\sigma_{1\max}/\sigma_{2\max}|$  постоянно.

Например, для  $E_{10} = 460$  МПа,  $E_{20} = 1600$  МПа имеем  $\nu = 0,462$  и  $|\sigma_{1\max}/\sigma_{2\max}| = 1,84$ .

Таким образом, для основания дороги из слоя мерзлого торфа во всех случаях растягивающие напряжения примерно в 2 раза меньше сжимающих.

Как видно из рис. 3, максимальных значений нормальные напряжения достигают под прицепом-ропуском. В этой зоне эпюра  $\sigma$  практически симметрична по отношению к вертикальной оси ропуска. Это означает, что влияние давления от колес автомобиля на поверхность дороги в зоне прицепа-ропуска незначительно и им можно пренебречь.

Следовательно, при расчете на прочность основания зимних лесовозных автомобильных дорог из мерзлого торфа достаточно рассмотреть воздействие на дорогу только нагрузки от прицепа-ропуска, что существенно упрощает дальнейшие вычисления. Напряжения в зоне воздействия на дорогу колес автомобиля значительно меньше.

Расчетные зависимости для определения максимальных напряжений с учетом предложенного подхода имеют следующий вид:

$$\sigma_{1\max} = \frac{4E}{E} \frac{P\nu}{BH^2k}; \quad (7a)$$

$$\sigma_{2\max} = -\frac{3E}{4E} \frac{P(1-\nu)^2}{BH^2k}, \quad (7b)$$

где  $P_3$  – давление от прицепа-ропуска на поверхность дороги.

Прочность основания из мерзлого торфа рассчитываем по первой группе предельных состояний. В данном случае

$$|\sigma_{2\max}| \leq R_p,$$

где  $R_p$  – расчетное сопротивление мерзлого торфа на растяжение.

Записав в правой части выражение (7a) или (7b), получаем условие, из которого можно определить минимальную толщину слоя мерзлого торфа, обеспечивающего движение по нему автомобиля с давлением  $P_3$  на прицеп-ропуск.

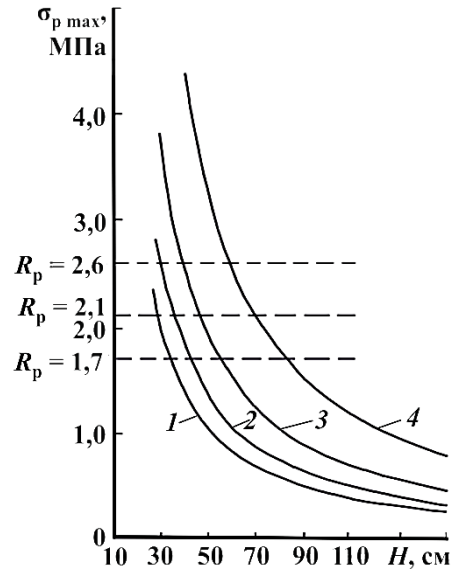
Для участков зимних лесовозных автомобильных дорог на болотах расчетные значения модуля упругости  $E$  и сопротивления мерзлого торфа на растяжение  $R_p$ , по данным работы [2], приведены в табл. 1.

Таблица 1

Θ, °С	E, МПа	R <sub>p</sub> , МПа
-1	430/1300	3,7/1,1
-5	480/1600	7,3/2,1
-10	770/1600	9,2/2,6

Примечание. В числителе – сжатие, в знаменателе – растяжение.

Рис. 4. Зависимость максимальных нормальных напряжений от толщины проезжей части при различной ширине дороги, см: 1 – 300; 2 – 500; 3 – 700; 4 – 900



Для болот первого типа (влажность  $W = 800\%$ ) принимаем  $C = 5,0 \text{ Н/см}^3$ , второго типа ( $W = 800 \dots 1400\%$ ) –  $C = 2,5 \text{ Н/см}^3$ , третьего типа ( $W = 1400\%$ ) –  $C = 1,0 \text{ Н/см}^3$ .

Зависимости  $\sigma_{2\text{max}}(H)$  для  $C = 5 \text{ Н/см}^3$  при различной толщине проезжей части представлены на рис. 4, там же приведены графики для каждого значения  $R_p$ . Точки пересечения линий  $R_p = \text{const}$  и  $\sigma_{2\text{max}}(H)$  определяют минимальную толщину слоя мерзлого торфа в основании зимней лесовозной дороги при нагрузке ее автопоездом МА3-509А + ГКБ-9383.

Значения  $H_{\text{min}}$  из табл. 2 показывают, что, кроме температуры, на прочность зимних дорог в равных условиях существенно (до определенных пределов) влияет ширина проезжей части. С увеличением ширины дороги напряжения в массиве мерзлого торфа уменьшаются, так как увеличивается профиль поперечного сечения дороги и связанные с ним его расчетные геометрические характеристики.

Таблица 2

$\Theta, ^\circ\text{C}$	$C, \text{ Н/см}^3$	$H_{\text{min}}, \text{ см, при } B, \text{ см}$			
		300	500	700	900
-1	1,0	112	72	57	46
	2,5	91	63	48	39
	5,0	82	55	42	34
-5	1,0	88	62	47	38
	2,5	77	52	38	32
	5,0	69	46	35	28
-10	1,0	70	52	39	32
	2,5	65	44	33	28
	5,0	58	38	30	25



*Выводы*

1. Предложенная методика расчета оснований зимних дорог на прочность является достаточно обоснованной и позволяет иметь результаты, соответствующие данным, полученным при эксплуатации зимних лесовозных автомобильных дорог на болотах.

2. Методика определения положения нейтральной оси, эквивалентного модуля упругости, нормальных напряжений применима при расчете оснований других типов зимних дорог.

3. Определить толщину мерзлого слоя торфа, необходимого для безопасного движения транспортного средства, позволяют графики, приведенные на рис. 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов В.С. Об оценке напряженного состояния оснований зимних дорог на болотах // Лесн. журн. 1990. № 1. С. 37–45. (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Морозов В.С. Промерзание зимних дорог на болотах // Лесн. журн. 1989. № 4. С. 51–56. (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Морозов В.С. Расчет напряженно-деформированного состояния основания зимних лесовозных автомобильных дорог из мерзлых грунтов // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. ЛТА. Л., 1990. С. 98–103.

4. Савко Н.Ф., Тупицын Н.М., Ланецкий К.Н. Методические рекомендации по устройству и содержанию зимних автомобильных дорог на снежном и ледяном покрове для применения в условиях строительства БАМ / М.: Союздорнии, 1975. 52 с.

5. Строительство промышленных сооружений на мерзлом торфе / С.С. Вялов, Г.Л. Каган, А.Н. Воевода, В.И. Муравленко. М.: Недра, 1980. 144 с.

6. Уваров Б.В., Щелкунов В.В. Расчет на прочность основания зимних автомобильных дорог на болотах // Лесн. журн. 1982. № 6. С. 49–55. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 20.10.11

***V.S. Morozov***

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

**Strength Analysis of Winter Road Bases on the Boggy Grounds**

The author's technique of the winter road bases stress calculation found on an neutral axe position determination and equivalent modulus of elasticity is presented.

Key words: frozen bog muck, strains, strength, modulus of elasticity.

---

УДК 630\*377: 621. 86/87

**А.В. Голенищев<sup>1</sup>, А.П. Паньчев<sup>2</sup>, М.В. Шавнина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ООО «Уральский НИИ лесной промышленности»

<sup>2</sup>Уральский государственный лесотехнический университет

Голенищев Александр Владимирович родился в 1960 г., окончил в 1982 г. Уральский государственный лесотехнический институт, кандидат технических наук, зам. директора по научной работе ООО «Уральский НИИ лесной промышленности». Имеет около 35 печатных работ в области изучения грузоподъемного оборудования.  
E-mail: nilp@ern.ru



Паньчев Анатолий Павлович родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Уральский государственный лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой сервиса и эксплуатации транспортных и технологических машин Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 90 печатных работ в области разработки и совершенствования транспортных и технологических машин и оборудования.  
E-mail: sttm66@mail.ru



Шавнина Марина Васильевна окончила в 1985 г. Уральский государственный лесотехнический институт, ст. преподаватель кафедры сервиса и эксплуатации транспортных и технологических машин Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 10 печатных работ в области изучения грузоподъемного оборудования.  
E-mail: shavnina444@mail.ru



## **ИЗМЕРЕНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ХОДОВЫХ КОЛЕС КРАНОВ МОСТОВОГО ТИПА**

Обоснована простая, не требующая дорогого оборудования и достаточно точная методика оценки правильности установки ходовых колес кранов, которая найдет широкое применение и будет полезна специалистам, занимающимся изготовлением, ремонтом, обслуживанием и техническим диагностированием грузоподъемных кранов.

*Ключевые слова:* ходовые колеса, краны мостового типа, реборды ходовых колес, опорные узлы, лазерная линейка, рамка на магнитах, луч лазера, диагностирование грузоподъемных кранов, правильность установки колес, тангенс угла поворота колеса.

Проблема износа реборд ходовых колес грузоподъемных кранов существует давно, но и до настоящего времени не предложено эффективного ее решения.

Причина ускоренного износа реборд – перекося колеса в горизонтальной плоскости. Тщательная выверка и устранение перекося колеса, у которого наблюдался быстрый износ реборд, существенно сокращают скорость этого нежелательного процесса.

---

© Голенищев А.В., Паньчев А.П., Шавнина М.В., 2012

Однако на практике измерить точность установки колеса (его перекося в горизонтальной плоскости) сложно.

Требования к точности установки колес, регламентированные ГОСТ 27584–88 «Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия»\*, достаточно жесткие (см. таблицу).

Фрагмент табл. 7 из ГОСТ 27584–88

Балансиры тележки мостовых кранов группы режима 7К	Отклонение от теоретической линии, проходящей через середины колес	$K = 0,0004$
Концевые балки мостовых кранов, ходовые балки козловых кранов грузоподъемностью 20 т и более, грузовые тележки	$K = \frac{\Delta_1' - \Delta_1''}{D_1} = \frac{\Delta_2' - \Delta_2''}{D_2}$	$K = 0,0006$
Ходовые тележки козловых кранов при соединении стоек опор стяжками, ходовые балки козловых кранов грузоподъемностью до 20 т		$K = 0,0010$

Диаметр ходового колеса козлового или мостового крана равен 500 мм, по сравнению с ним величина, которую надо измерить, очень мала:

$$\Delta' - \Delta'' = KD = (0,0004 \dots 0,0010)500 = 0,2 \dots 0,5 \text{ мм.} \quad (1)$$

Кроме того, измерить данный параметр по центральной оси колеса не представляется возможным, так как доступна только видимая в просвете между рельсом и нижней гранью концевой балки (ходовой тележки) часть колеса. Точность установки колеса на практике обычно оценивают не по диаметру, а по хорде, длина которой в лучшем случае составляет 200...250 мм, т.е. допустимое значение проверяемого размера уменьшается еще в 2 раза.

Очевидно, что наиболее распространенные простые методики измерения с помощью струны (или теодолита) и линейки не обеспечивают требуемую точность.

Использовать для проведения подобных измерений более современное оборудование можно, но оно стоит намного дороже, что и сдерживает его широкое применение.

Сейчас остро стоит вопрос разработки простой, но достаточно точной инженерной методики измерений перекося колес, чтобы, не используя сложного специального оборудования, можно было оперативно оценивать правильность их установки.

Проанализируем требования ГОСТ 27584–88 (см. таблицу). Здесь нормируемым показателем является безразмерная величина  $K$ , которая представляет собой тангенс угла между осью колеса и «теоретической линией, проходящей через середины колес» (будем называть ее осью концевой балки).

\*ГОСТ 27584–88. Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия. Режим доступа: [http:// www. kodeks. ru](http://www.kodeks.ru).

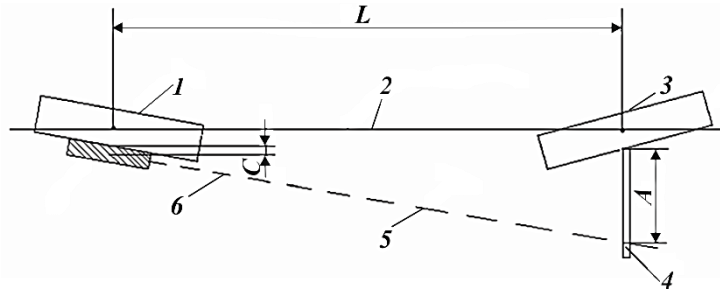


Рис. 1. Общий принцип измерения перекоса колеса: 1 – колесо, для которого измеряется перекос; 2 – ось концевой балки; 3 – базовое колесо, относительно которого измеряется перекос первого колеса; 4 – линейка; 5 – луч лазера; 6 – лазер;  $A$  – измеряемое расстояние от луча лазера до поверхности второго колеса;  $C$  – расстояние от луча лазера до поверхности первого колеса;  $L$  – расстояние между колесами

Для оценки параметра  $K$  нет никакой необходимости в строгой привязке к диаметру колеса. Очевидно, что чем больше расстояние, на котором измеряют отклонение оси оцениваемого колеса от оси концевой балки, тем точнее будут измерения.

Можно отказаться от прямых измерений расстояний от оси концевой балки до поверхности колеса. Вместо этого на доступной внешней поверхности колеса (для этого достаточно участка  $50 \times 150$  мм) устанавливается лазер, луч которого должен быть параллелен поверхности колеса или его оси. Дальнейшие измерения проводятся уже относительно луча лазера (рис. 1).

Расстояние между опорными узлами мостового крана или ходовыми тележками козлового крана обычно 6...14 м.

Искомый тангенс угла перекоса оцениваемого колеса определяется как

$$K = (A - C)/L.$$

При анализе рис. 1, возникают следующие вопросы: как измерить расстояние  $C$  и оценить параллельность луча лазера и оси колеса.

Предлагаемая нами методика позволяет обойти эти трудности. Для оценки перекоса колеса операции проводят в следующей последовательности.

1. Лазер закрепляют в устройстве, показанном на рис. 2, а. Угол наклона луча лазера относительно опорной поверхности рамки выбирают таким, чтобы он был заведомо больше возможного угла перекоса колеса.

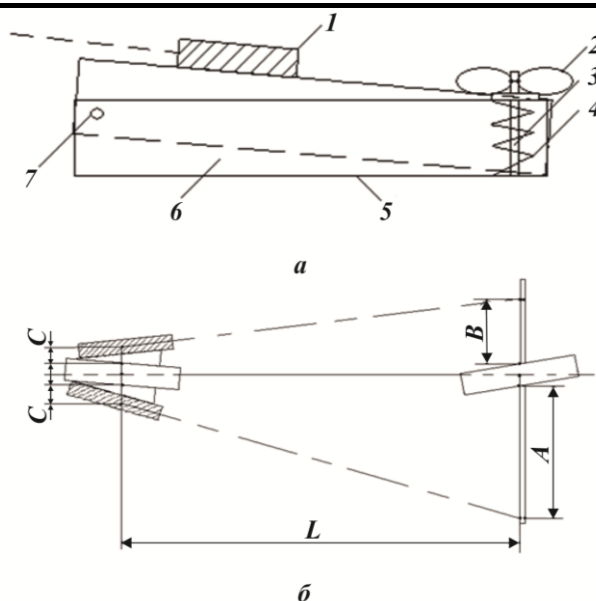
2. Рамку с лазером устанавливают на одной из внешних сторон колеса, как показано на рис. 2, б; на втором колесе измеряют расстояние  $A$  от луча лазера до внешней поверхности колеса.

3. Аналогично измеряют расстояние  $B$ . Для этого и лазер, и линейку устанавливают с противоположной стороны соответственно измеряемого и базового колес.

4. Искомый тангенс угла поворота колеса  $K_k$  можно рассчитать по формуле

$$K_k = \frac{A - B}{2L}. \quad (2)$$

Рис. 2. Установка лазера на специальной рамке (а) и схема измерений перекоса колеса (б): 1 – лазер; 2 – гайка-барашка; 3 – винт; 4 – пружина; 5 – опорная поверхность рамки; 6 – складная рамка; 7 – шарнир



Чтобы получить данную формулу, определим величины  $A$  и  $B$ :

$$A = C + L(K_{\text{л}} + K_{\text{к}}); \quad (3)$$

$$B = C + L(K_{\text{л}} - K_{\text{к}}), \quad (4)$$

где  $K_{\text{л}}$  – тангенс угла поворота рамки лазера (или угла между осью колеса и лучами лазера).

Решая уравнения (3) и (4) относительно  $K_{\text{к}}$ , получаем простую формулу (2) для оценки тангенса угла поворота колеса.

При проведении математических вычислений  $C$  и  $K_{\text{л}}$  сокращаются, т. е. при двойном измерении с каждой стороны колеса эти параметры не имеют значения.

В предлагаемой методике измерения приняты следующие допущения: колеса (измеряемое и базовое) имеют одинаковую ширину; внешние боковые поверхности каждого колеса ровные и взаимно параллельные; рамка лазера абсолютно жесткая; угол между лучом лазера и опорной поверхностью рамки постоянный; колеса находятся строго посередине относительно оси концевой балки или ходовой тележки.

В ООО УралНИИЛП изготовлен опытный экземпляр устройства для измерения перекосов колес (рис. 3). Самый дорогой элемент этого устройства – лазерная указка. Для удобства крепления рамки с лазером и линейки на поверхности колеса используют магниты. В процессе измерения необходимо вручную осторожно повернуть рамку на магнитах в вертикальной плоскости, чтобы луч лазера совпал с уже установленной на другом колесе линейкой.

Методика измерения была опробована на вновь смонтированном козловом кране в г. Тюмени. Разность измеренных  $A$  и  $B$  для каждого из четырех ходовых колес составила соответственно 63, 65, 65 и 270 мм. В пересчете на нормируемый показатель  $K$  первые три колеса превысили допустимое значение в 4 раза, последнее – в 15 раз.

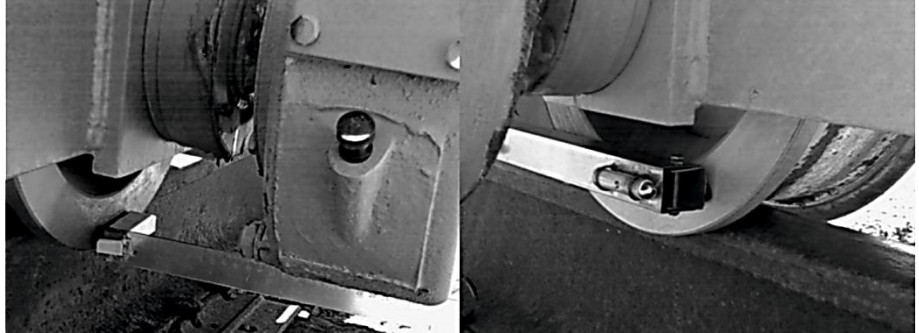


Рис. 3. Крепление рамки с лазером и линейки на ходовых колесах крана

В том, что все колеса исследованного крана имеют большие отклонения от допускаемого значения нет ничего удивительного. Это согласуется с мнением других исследователей, занимавшихся изучением правильности установки колес с помощью высокоточного оборудования и подтверждающих, что очень редко встречаются колеса, перекося которых строго соответствует требованиям ГОСТ.

К недостаткам предлагаемой методики можно отнести следующие.

1. Если кран работает вне помещения, то в солнечную погоду плохо видно луч лазера. Но это общий недостаток всех лазерных приборов.

2. Поскольку линейка и лазер устанавливаются в нижней части колес, то рассматриваемая нами ось концевой балки, относительно которой производится выверка колес, не строго соответствует теоретической линии, проходящей через их центры. Это происходит из-за того, что колеса имеют наклон в вертикальной плоскости. По ГОСТ 27584–88 допуск на вертикальный наклон колеса для мостовых и козловых кранов составляет соответственно 0,005 и 0,015 от диаметра колеса. Например, для колеса диаметром 500 мм это равно 2,5 и 7,5 мм, т. е. край колеса, на который установлен лазер или линейка, из-за наклона колеса может быть смещен относительно центра колеса соответственно на 2,5/2 и 7,5/2 мм. Если измеряемое и базовое колеса наклонены в разные стороны, то угол, на который рассматриваемая ось концевой балки будет отличаться от ее фактической оси, становится соизмеримым с допуском на перекося колеса. Конечно, это не совсем корректно. Поэтому желательно использовать предлагаемую методику после выверки ходовых колес в вертикальной плоскости.

3. «Зайчик» лазерного луча от дешевой лазерной указки на расстоянии 8 м и более представляет собой круглое пятно диаметром 5...6 мм с не очень четкими очертаниями. Это издержки дешевизны устройства. Более дорогой лазер позволит увеличить точность измерений. Однако визуально оценить центр даже не очень четкого пятна и соотнести его с делениями на линейке не сложно. Точность измерений в данном случае составляет  $\pm 2$  мм или около 10 %, что вполне приемлемо для ориентировочной оценки правильности установки колес.

Предлагаемая простая и не требующая дорогого оборудования, но достаточно точная методика оценки правильности установки ходовых колес кранов будет полезна специалистам, которые занимаются изготовлением, ремонтом, обслуживанием и техническим диагностикой грузоподъемных кранов.

Поступила 10.07.10

*A.V. Golenishchev<sup>1</sup>, A.P. Panychev<sup>2</sup>, M.V. Shavnina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ural Scientific Research Institute of Wood Industry

<sup>2</sup>The Ural State Forest Engineering University

### **Accuracy Estimation of Mounting of Bridge Crane Running Wheels**

The article substantiates a simple, low-cost and rather precise method of estimating accuracy of mounting of bridge crane running wheels, which will find wide application and will be useful for specialists engaged in production, repair, maintenance and technical diagnostics of cranes.

*Key words:* running wheels, bridge cranes, running wheel flanges, mounting groups, laser ruler, frame on magnets, laser beam, crane diagnostics, accuracy of wheel mounting, tangent of wheel turning angle.

---

УДК 630\*383.2

*Д.Н. Афоничев, П.С. Рыбников*

Воронежская государственная лесотехническая академия

Афоничев Дмитрий Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор ВГЛТА. Имеет более 200 научных работ в области совершенствования конструкций и систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений промышленного транспорта, повышения ресурсо- и энергоэффективности промышленного транспорта.  
E-mail: dmafonichev@yandex.ru



Рыбников Павел Сергеевич родился в 1988 г., окончил в 2010 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры промышленного транспорта, строительства и геодезии ВГЛТА. Имеет около 10 научных работ в области повышения эффективности и безопасности работы автопоездов на вывозке лесоматериалов из лесосек.  
E-mail: RibnikovPavelS@yandex.ru



## РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗВОРОТНЫХ ПЕТЕЛЬ НА ЛЕСОВОЗНОМ УСЕ

Получены аналитические зависимости, определяющие увеличение себестоимости вывозки древесины за счет устройства разворотных петель, необходимых для обеспечения быстрого и безопасного разворота автомобильного подвижного состава на лесовозных усах в пределах лесосек, учитывающие параметры, которые характеризуют положение уса на лесосеке. Указанные зависимости позволяют установить оптимальное положение разворотных петель на лесовозных усах, обеспечивающих минимальные затраты на устройство, содержание и ликвидацию разворотных петель и дополнительный пробег автопоездов по усу для совершения маневра разворота.

*Ключевые слова:* лесовозный ус, разворотная петля, размещение, затраты, дополнительный пробег, расстояние, погрузочный пункт.

На лесовозных усах для обеспечения разворота подвижного состава устраивают разворотные петли [1, 7, 9]. В работе [1] установлено оптимальное расстояние между разворотными петлями исходя из минимизации затрат на их устройство и перепробег подвижного состава по усу без груза. Анализ зависимостей, представленных в этой работе, показывает, что расстояние между разворотными петлями зависит от расстояния между погрузочными пунктами и количества погрузочных пунктов, находящихся между петлями. При этом принято, что расстояние между погрузочными пунктами, расположенными в части лесосеки со стороны магистрали, равно расстоянию между погрузочными пунктами, расположенными в части лесосеки со стороны границы лесосырьевой базы. Данное положение абсолютно справедливо при расположении уса посередине лесосеки. Если ус прокладывается со смещением от середины лесосеки в сторону магистрали, то вышеуказанные расстояния не будут равны из-за разной глубины пасек, а погрузочные пункты по обеим сторонам уса будут располагаться, как показано на рисунке.

© Афоничев Д.Н., Рыбников П.С., 2012



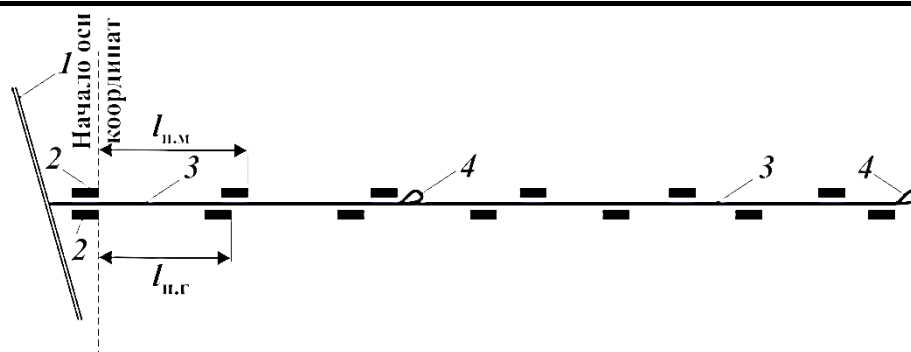


Схема размещения погрузочных пунктов и разворотных петель ( $l_{п.м}$  – расстояние между погрузочными пунктами со стороны магистрали;  $l_{п.г}$  – то же со стороны границы лесосырьевой базы): 1 – ветка; 2 – погрузочный пункт; 3 – ус; 4 – разворотная петля

Целесообразность смещения уса в сторону магистрали обоснована в работе [5]. Таким образом, аналитические зависимости, приведенные в работе [1], не применимы для случая размещения уса на лесосеке со смещением в сторону магистрали.

Обоснование расстояний между разворотными петлями на лесовозном усе необходимо для снижения затрат на устройство временных путей внутри лесосеки. Расположение разворотной петли на некотором удалении от погрузочного пункта приводит к дополнительному пробегу автопоездов без груза по усу, причем этот дополнительный пробег на один рейс будет вдвое больше расстояния от погрузочного пункта до разворотной петли. Если обозначить расстояние от некоторого  $j$ -го погрузочного пункта до начала разворотной петли  $S_j$ , то дополнительный пробег без груза на один рейс

$$l_{дхj} = 2S_j + L_p + l_p, \quad (1)$$

где  $L_p$  – протяженность разворотной петли, км;

$l_p$  – протяженность уса в пределах разворотной петли – расстояние от начала разворотной петли до ее конца, км.

В случае, когда разворотная петля расположена сразу после  $j$ -го погрузочного пункта, дополнительный пробег без груза на один рейс будет минимальным:

$$l_{дхj} = 2a_y + L_p + l_p,$$

где  $a_y$  – установочное расстояние, зависящее от технологического процесса лесосечных работ, км.

Количество рейсов автопоездов с погрузочного пункта зависит от объема вывозки древесины с данного погрузочного пункта  $q_j$  и полезной нагрузки на автопоезд  $Q_{п}$ . Если вывозка производится одним типом подвижного состава, то количество рейсов к  $j$ -му погрузочному пункту

$$n_{pj} = \frac{q_j}{Q_{п}k_{п}}, \quad (2)$$

где  $k_{п}$  – коэффициент использования полезной нагрузки.

Дополнительный пробег автопоездов без груза для вывозки древесины из  $j$ -го погрузочного пункта  $L_{дXj} = n_{pj} l_{дXj}$ , при подстановке формул (1) и (2) в это равенство получаем

$$L_{дXj} = \frac{q_j (2S_j + L_p + l_p)}{Q_{п} k_{п}}. \quad (3)$$

Если к разворотной петле примыкают  $p_{р,п}$  погрузочных пунктов, то дополнительный пробег, обусловленный принятой схемой их размещения, составит

$$L_{дXп} = \sum_{j=1}^{p_{р,п}} L_{дXj}. \quad (4)$$

Указанный дополнительный пробег  $L_{дXп}$  связан с объемом вывозки древесины  $q_{п,р}$  с  $p_{р,п}$  погрузочных пунктов:

$$q_{п,р} = \sum_{j=1}^{p_{р,п}} q_j. \quad (5)$$

Параметр  $L_{дXп}$  приводит к увеличению транспортной составляющей себестоимости вывозки древесины. Анализ параметров, влияющих на транспортную составляющую, показывает, что из всех статей затрат только одна чувствительна к увеличению пробега  $L_{дXп}$  – это затраты на эксплуатацию и восстановление подвижного состава. Часть от этих затрат, обусловленную дополнительным пробегом  $L_{дXп}$ , назовем дополнительными затратами на эксплуатацию и восстановление подвижного состава:

$$z_{д.п.с} = q_{т.д} z_{т} k_{э} + L_{дXп} \left[ \frac{n_{ш.т} z_{ш.т}}{l_{ш.т}} + z_{о.т} + k_L n_{п} \left( \frac{n_{ш.п} z_{ш.п}}{l_{ш.п}} + z_{о.п} \right) + 10^{-5} C_{б.т} n_{а.т} \right], \quad (6)$$

где  $q_{д.т}$  – дополнительный расход топлива, связанный с дополнительным пробегом  $L_{дXп}$ , л;  
 $z_{т}$  – стоимость топлива, р./л;  
 $k_{э}$  – коэффициент, учитывающий затраты на эксплуатационные материалы (смазочные и специальные жидкости);  
 $n_{ш.т}$  и  $n_{ш.п}$  – количество колес (шин) без запасных соответственно у тягача и прицепа;  
 $z_{ш.т}$  и  $z_{ш.п}$  – балансовая стоимость шины соответственно тягача и прицепа, р.;  
 $l_{ш.т}$  и  $l_{ш.п}$  – норма пробега для шин соответственно тягача и прицепа, км;  
 $z_{о.т}$  и  $z_{о.п}$  – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт соответственно тягача и прицепа, р./км;  
 $k_L$  – коэффициент, учитывающий снижение пробега прицепа;  
 $n_{п}$  – количество прицепов в автопоезде;  
 $C_{б.т}$  – балансовая стоимость тягача, р.;  
 $n_{а.т}$  – норма амортизационных отчислений для тягача, %.

Дополнительный расход топлива  $q_{т.д}$  можно найти, используя зависимость, приведенную в работах [3, 4]:

$$q_{т.д} = 0,01kL_{дхп} [q_{п} + q_{г} (n_{п}M_{п} + M_{п.р})]. \quad (7)$$

Здесь  $k$  – коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива на разогрев двигателя при работе в зимнее время на временных дорогах;

$q_{п}$  – норма расхода топлива на 100 км пробега автомобиля, л;

$q_{г}$  – норма расхода топлива на 100 т · км грузовой работы, л;

$M_{п}$  – снаряженная масса прицепа (без груза), т;

$M_{п.р}$  – эксплуатационная масса погрузочно-разгрузочного средства, установленного на автопоезде, т.

Количество разворотных петель влияет на дорожную составляющую себестоимости вывозки древесины. Стоимость устройства, содержания и ликвидации одной разворотной петли ( $c_{п.р}$ , р.) определяется ее протяженностью  $L_p$  [1], которая в свою очередь зависит от радиуса петли  $r$ , удельной стоимости устройства, содержания и ликвидации 1 км разворотной петли данного типа  $z_{п.р}$ . Очевидно,  $z_{п.р}$  тоже связана с  $r$ , так как от последнего зависит уширение проезжей части на кривой. Таким образом, ведущим фактором, обуславливающим стоимость разворотной петли, является ее радиус. Другим весомым фактором, определяющим  $z_{п.р}$ , а следовательно, и стоимость петли, является тип покрытия. На основе вышеприведенного можно записать  $c_{п.р} = z_{п.р}L_p$ .

Если к разворотной петле примыкают  $p_{р.п}$  погрузочных пунктов, то затраты на устройство, содержание и ликвидацию этой петли в дорожной составляющей себестоимости вывозки древесины будут равны отношению  $c_{п.р}$  к объему вывозки древесины с этих погрузочных пунктов, т. е. к  $q_{п.р}$ , определяемому по формуле (5). В любом случае, чем больше объем вывозки с погрузочных пунктов, примыкающих к разворотной петле, тем доля затрат на устройство, содержание и ликвидацию разворотных петель в себестоимости вывозки будет меньше, следовательно для снижения дорожной составляющей количество разворотных петель на одном усе должно быть минимальным.

Исходя из условия обеспечения безопасного разворота транспортных средств в пределах лесосеки, при однотипной конструкции уса достаточно иметь одну разворотную петлю, а если в конструкции уса выделяется головной участок с применением какого-либо типа дорожного покрытия, то достаточно две петли – в конце соответственно головного и глубинного участков уса, так как пробег автотранспортных средств без груза по усу для совершения маневра разворота не оказывает существенного влияния на продолжительность рейса и производительность вывозки [6]. Такой подход приведет к повышению транспортной составляющей себестоимости вывозки за счет увеличения холостого пробега транспортных средств, причем дополнительный пробег без груза, определяемый выражением  $q_i(L_p + l_p)/Q_{п}k_{п}$ , будет иметь место для всех, кроме последнего, погрузочных пунктов, примыкающих

к разворотной петле (см. рисунок). Таким образом, устройство одной разворотной петли приведет к повышению себестоимости вывозки древесины на  $z_d$ , которая должна быть минимальной:

$$z_d = \frac{z_{д.п.с} + c_{п.р}}{q_{п.р}} \rightarrow \min. \quad (8)$$

Целевая функция (8) включает показатели, которые рассчитываются в зависимости от размещения погрузочных пунктов и разворотных петель ( $z_{д.п.с}$  и  $q_{п.р}$ ), определяемых зависимостями (3) – (7). Анализ этих зависимостей показывает, что переменной величиной, влияющей на функцию  $z_d$ , является количество погрузочных пунктов  $p_{р.п.}$ , примыкающих к разворотной петле, причем каждый из этих пунктов характеризуется своим объемом вывозки  $q_j$  и расстоянием до начала разворотной петли  $S_j$ . Последнее является функцией расстояний между погрузочными пунктами, которые обозначены  $l_{п.м}$  и  $l_{п.г}$ , и требует установления для любого возможного варианта взаиморасположения разворотной петли и погрузочных пунктов.

Введем ось координат  $X$  (см. рисунок), направленную вдоль направления уса. Начало оси совпадает с началом разворотной петли, размещаемой после погрузочного пункта № 1 (нумерация начинается от ветки и ряда со стороны границы зоны тяготения магистрали). Любое положение разворотной петли будет определяться координатой  $x_e$  (индекс  $e$  – это номер погрузочного пункта, после которого расположена петля). Координата  $j$ -го погрузочного пункта  $x_j$  зависит от его номера и размещения уса на лесосеке. Для погрузочных пунктов № 1 и № 2 при размещении уса со смещением  $x_1 = x_2 = -a_y$ , для погрузочного пункта № 1 при размещении уса по краю лесосеки  $x_1 = -a_y$ .

Расстояние от погрузочного пункта до разворотной петли  $S_{ej}$  – разность координат начала петли  $x_e$  и погрузочного пункта  $x_j$ :

$$S_{ej} = k_{р.у}(x_e - x_j), \quad (9)$$

где  $k_{р.у}$  – коэффициент удлинения уса.

В символе формулы (9), обозначающем расстояние от погрузочного пункта до разворотной петли, введен дополнительный индекс  $e$ , который определяет положение самой петли.

Если погрузочные пункты расположены по обе стороны уса, то со стороны границы зоны тяготения магистрали погрузочные пункты будут иметь нечетные номера (1, 3, 5, ...), со стороны магистрали – четные (2, 4, 6, ...). Пользуясь схемой, показанной на рисунке, можно получить зависимости для определения координат погрузочных пунктов  $x_j$  в принятой системе отсчета. Для нечетных номеров:  $x_1 = -a_y$ ;  $x_3 = -a_y + l_{п.г}$ ;  $x_5 = -a_y + 2l_{п.г}$ ;  $x_7 = -a_y + 3l_{п.г}$ . Учитывая взаимосвязь между индексом координаты и коэффициентом при  $l_{п.г}$  имеем

$$x_j = -a_y + 0,5l_{п.г}(j - 1). \quad (10)$$

Для четных номеров:  $x_2 = -a_y$ ;  $x_4 = -a_y + l_{п.м}$ ;  $x_6 = -a_y + 2l_{п.м}$ ;  $x_8 = -a_y + 2l_{п.м}$ . Учитывая взаимосвязь между индексом координаты и коэффициентом при  $l_{п.м}$ , получаем

$$x_j = -a_y + l_{п.м}(0,5j - 1). \quad (11)$$

Координата начала разворотной петли  $x_e$  устанавливается аналогично в зависимости от номера погрузочного пункта, после которого она расположена:  
для нечетных номеров

$$x_e = 0,5l_{п.г}(e - 1); \quad (12)$$

для четных номеров

$$x_e = l_{п.м}(0,5e - 1). \quad (13)$$

В случае расположения уса по краю лесосеки, когда все погрузочные пункты размещены по одной стороне уса (со стороны границы зоны тяготения магистрали), их нумерация будет сквозной, т. е. 1, 2, 3, ... Координаты погрузочных пунктов в этом случае:  $x_1 = -a_y$ ;  $x_2 = -a_y + l_{п.г}$ ;  $x_3 = -a_y + 2l_{п.г}$ ;  $x_4 = -a_y + 3l_{п.г}$ , а в общем виде

$$x_j = -a_y + l_{п.г}(j - 1). \quad (14)$$

В рассматриваемом случае координата начала разворотной петли

$$x_e = l_{п.г}(e - 1). \quad (15)$$

Из формул (9) – (15) следует, что изменение расстояний от начала разворотной петли до погрузочных пунктов происходит дискретно в зависимости от номеров  $e$  и  $j$ . Таким образом, поиск оптимального положения разворотной петли по целевой функции (8) следует производить имитационным моделированием с заданием различных положений разворотной петли, определяемых индексом  $e$ . Для этой цели разработана программа для ЭВМ [8], реализующая вычислительную процедуру расчета повышения себестоимости вывозки древесины  $z_d$  с выбором ее минимального значения. Использование данной программы позволяет определить номер погрузочного пункта, после которого надо устроить разворотную петлю, что при планировании транспортной инфраструктуры внутри лесосеки позволяет исключить дополнительные расходы на устройство, содержание и ликвидацию разворотных петель или на перепробег автотранспортных средств для совершения маневра разворота. При этом основной экономический эффект обеспечивается за счет смещения уса в сторону магистрали и его примыкания к ветке под оптимальным углом, что снижает затраты на трелевку лесоматериалов и их вывозку по ветке [2].

#### *Выводы*

1. Полученные аналитические зависимости позволяют определить дополнительные удельные затраты на устройство разворотных петель и перепробег автомобильного подвижного состава в пределах лесовозного уса в зависимости от параметров размещения уса и погрузочных пунктов на лесосеке.

2. Разработанная методика определения оптимального положения разворотных петель на лесовозном усе позволяет на стадии планирования транспортной инфраструктуры внутри лесосеки исключить дополнительные расходы либо на устройство, содержание, ликвидацию разворотных петель, либо на перепробег автомобильного подвижного состава без груза по лесовозному усу.

3. Разработанная программа для ЭВМ, реализующая вычислительную процедуру расчета повышения себестоимости вывозки древесины с выбором ее минимального значения, позволяет за короткое время установить положение разворотных петель для лесосек, имеющих различные природные и технологические характеристики, с учетом возможного изменения конструкции покрытия по протяженности лесовозного уса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афоничев Д.Н.* Размещение петлевых разворотов на лесовозных усах // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2010. № 6. С. 93–96.
2. *Афоничев Д.Н., Рыбников П.С.* Обоснование углов примыкания лесовозных усов к веткам // Научн. журн. КубГАУ. 2012. № 03(77). 11 с. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/13.pdf>.
3. *Драпалюк М.В., Афоничев Д.Н.* Алгоритм управления поставками горюче-смазочных материалов // Научн. журн. КубГАУ. 2011. № 10(74). 10 с. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/25.pdf>.
4. *Драпалюк М.В., Афоничев Д.Н.* Модель управления поставками горюче-смазочных материалов автотранспортными средствами // Программные продукты и системы. 2009. № 3. С. 114–116.
5. *Пядухов А.В.* Размещение лесовозного уса на лесосеке с учетом направления грузопотока // Ресурсосберегающие и экологически перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего: матер. междунар. научн.-практ. конф., посвященной 55-летию лесоинженерного факультета ВГЛТА. Воронеж, 2009. С. 340–344.
6. *Рыбников П.С.* Потери времени лесовозными автопоездами на развороты в пределах лесосек // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2012. № 2. С. 116–120.
7. *Рыбников П.С.* Размещение временных автомобильных дорог в лесосеках // Лесотехн. журн. / ВГЛТА. 2011. № 3. С. 88–98.
8. Свид-во о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012611501. Программа оптимизации параметров размещения разворотных петель на лесовозном усе / П.С. Рыбников, Д.Н. Афоничев, С.Ю. Кузнецов. Заявл. 13.12.2011, зарегистр. 09.02.2012.
9. Сухопутный транспорт леса / Под ред. В.И. Алябьева. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 416 с.

Поступила 20.09.11

*D.N. Afonichev, P.S. Rybnikov*

Voronezh State Forest Engineering Academy

### **Allocation of U-Turn Loops of the Logging Haul Road Feeders**

The analytic dependences between U-turn loops of haul road feeders layout and cost of haulage have been obtained. Provisions for fast and safe circuit turning of the log trucks in a logging site were made. The study results allow to determine optimal placement of the turning loops of haul road feeders what in it's turn provides minimizing of costs for construction, maintenance and demolition of logging roads elements as well as spare log trucks run.

*Key words:* logging haul road feeder, u-turn loop, placement, costs, spare truck run, distance, loading site.

---

УДК 625.711.84+625.31

**А.С. Миляев**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Миляев Александр Сергеевич родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Ленинградское высшее военное инженерно-техническое училище ВМФ, доктор технических наук, профессор, засл. работник высшей школы РФ, зав. кафедрой теоретической и строительной механики С.-Петербургского государственного лесотехнического университета. Имеет более 150 научных работ в области механики деформируемого твердого тела, в том числе механики силового взаимодействия конструкций и сооружений с грунтом при статических и динамических нагрузках.  
E-mail: icffi@home.ru



### АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПРОМЕРЗАНИЯ СЛОИСТЫХ ОСНОВАНИЙ ЗИМНИХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Приводится алгоритм расчета глубины и скорости промерзания слоистых оснований зимних лесовозных дорог на базе текущих значений температуры воздуха и скорости ветра в данной местности. Алгоритм построен на численном решении нелинейной нестационарной задачи о теплопередаче в термодинамической системе «воздух – грунт» с учетом фазовых превращений поровой воды в лед, а также зависимости теплофизических характеристик грунтов от температуры.

*Ключевые слова:* зимние лесовозные дороги, теплопередача, промерзание оснований, фазовые превращения воды в лед, нелинейное нестационарное уравнение теплопроводности.

При создании блок-схемы алгоритма расчета промерзания оснований зимних лесовозных дорог рассмотрена замкнутая термодинамическая система (рис. 1), состоящая из слоев воздуха и грунта с известными физико-механическими и теплофизическими свойствами. Начальная температура и фазовое состояние системы предполагаются известными; температура воздуха изменяется по заданному закону; поверхности  $y = 0$ ,  $y = b$ ,  $x = h_4$  тепло-изолированы. Требуется определить изменение температуры в системе в зависимости от координат, времени и изменения температуры воздуха и условий на ее границе.

Распространение теплоты в слоях грунта подчиняется известному уравнению теплопроводности [1]:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_v, \quad (1)$$

где  $H$  – энтальпия, Дж/м<sup>3</sup>;

$t$  – время, с;

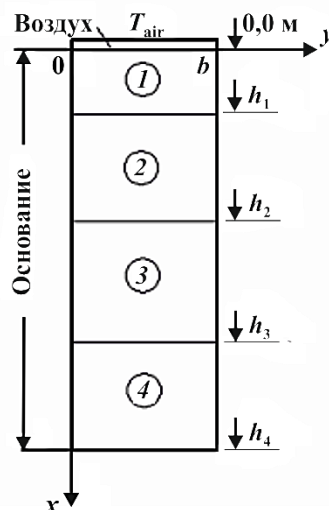
$\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$  – теплопроводность в направлении осей  $x, y, z$ , Вт/м<sup>2</sup>;

$T$  – температура, °С;

$q_v$  – мощность внутренних источников энергии, Вт/м<sup>3</sup>.



Рис. 1. Общая расчетная схема: 1–4 – слои грунтового основания;  $h_1 - h_4$  – отметки подошв слоев;  $T_{air}$  – температура воздуха на поверхности основания,  $T_{air} = T_{air}(t)$



Тепловые потоки через границы  $y = 0$ ,  $y = b$ ,  $x = h_4$  отсутствуют:

$$Q(x, y, z, t) = 0.$$

Приращение энтальпии определяется выражением

$$\Delta H = \int_{T_b}^T \rho C(T) dT, \quad (2)$$

где  $T_b$ ,  $T$  – начальное и текущее значения температуры, °С;

$\rho$  – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>;

$C$  – удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С).

Внутренних источников энергии в системе нет ( $q_v = 0$ ), однако в слоях грунта при замерзании поровой воды выделяется теплота кристаллизации ( $Q_{gr}$ , Дж/м<sup>3</sup>), которая учитывается в расчете по СНиП 2.02.04–88 [5]:

$$Q_{gr} = Q_w(W_{gr} - W_m)\rho_s, \quad (3)$$

где  $Q_w$  – теплота кристаллизации воды,  $Q_w = 3,35 \cdot 10^5$  Дж/кг;

$W_{gr}$  – суммарная влажность грунта, доли единицы;

$W_m$  – влажность мерзлого грунта между включениями льда, доли единицы;

$\rho_s$  – плотность скелета грунта, кг/м<sup>3</sup>.

Принимаем, что  $Q_{gr}$  выделяется в интервале температур от  $-1$  до  $0$  °С;  $W_m = 0$ .

На границе  $x = 0$  происходит конвективный теплообмен по следующему закону:

$$Q = \alpha A(T_{air} - T_{gr}), \quad (4)$$

где  $Q$  – тепловой поток через границу  $x = 0$ ;

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи (теплопритока);

$A$  – площадь теплообмена (теплоотдачи);

$T_{gr}$  – температура грунта на его поверхности.

Коэффициент  $\alpha$  на границе «воздух–снег» и «воздух–лед» вычисляется по формулам СНиП 2.06.04–82 [4].

Уравнение (1) решается численным методом конечных элементов (КЭ). Для обеспечения устойчивости численной процедуры необходимо соблюдать определенное соотношение между «шагами» по времени  $\Delta t$  и пространству  $\Delta h$  [5]:

$$\frac{\lambda \Delta t}{\rho C (\Delta h)^2} \leq \frac{1}{2}, \quad (5)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность в направлении распространения тепловой волны;  
 $\Delta h$  – приращение пространственной координаты в направлении распространения тепловой волны.

Вариационное уравнение теплопроводности (1) с присоединенными граничными условиями для выделенного объема  $V$  имеет следующий вид:

$$\int_V \left[ \delta T \left( \frac{\partial H}{\partial t} \right) + \{L\}^{\text{Tms}} (\delta T) [\Lambda] \{L\} T \right] dV = \int_{S_2} \delta T q^* dS_2 + \int_{S_3} \delta T \alpha A (T_{\text{air}} - T) dS_3, \quad (6)$$

где

$\delta T$  – вариация температуры;

$\text{Tms}$  – оператор транспонирования;

$q^*$  – тепловой поток через поверхность  $S_2$ ,  $q^* = -\{q\}^{\text{Tms}} \{\eta\}$ ;

$\{q\} = -[\Lambda] \{L\} T$ ;

$q$  – вектор теплового потока через поверхность  $S_2$ ;

$\{\eta\}$  – единичный вектор внешней нормали к поверхности  $S_2$ ;

$\alpha A (T_{\text{air}} - T)$  – конвективный тепловой поток через поверхность  $S_3$ ,

$\alpha A (T_{\text{air}} - T) = \{\eta\}^{\text{Tms}} [\Lambda] \{L\} T$ ;

$[\Lambda]$  – локальная матрица теплопроводности,

$$[\Lambda] = \begin{vmatrix} \lambda_x(x, y, z, T) & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_y(x, y, z, T) & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_z(x, y, z, T) \end{vmatrix};$$

$\{L\}$  – оператор дифференцирования,

$$\{L\} = \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial}{\partial z} \right\}^{\text{Tms}}.$$

Уравнение теплопроводности для одного конечного элемента (КЭ) получается при интегрировании уравнения (6) по поверхности  $S_2$  и объему  $V_e$ :

$$\begin{aligned} & \int_{V_e} \rho C \{\Phi\} \{\Phi\}^{\text{Tms}} dV_e \{T_e\} + \int_{V_e} \rho [B]^{\text{Tms}} [\Lambda] [B] dV_e \{T_e\} = \\ & = \int_{S_2} \{\Phi\} q^* dS_2 + \int_{S_3} T_{\text{air}} \alpha A \{\Phi\} dS_3 - \int_{S_3} \alpha A \{\Phi\} \{T_e\} dS_3, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $\rho$  – плотность;  
 $C$  – теплоемкость;  
 $\{\Phi\}$  – интерполирующая функция элемента;  
 $V_e$  – объем конечного элемента;  
 $\{\dot{T}_e\}$  – вектор производных по времени от узловых температур элемента,

$$\{\dot{T}_e\} = \{\Phi\} \dot{T} = \{\Phi\} \frac{\partial T}{\partial t};$$

$$[B] = [L] \{\Phi\}^{Tms};$$

$$\{T_e\} = \{\Phi\} T.$$

Уравнение (7) в матричном виде:

$$[C_e^t] \{\dot{T}_e\} + ([K_e^{tb}] + [K_e^{tc}]) \{T_e\} = \{Q_e^f\} + \{Q_e^c\}, \quad (8)$$

где  $[C_e^t] = \int_{V_e} \rho C \{\Phi\} \{\Phi\}^{Tms} dV$  – матрица теплоемкости КЭ;

$[K_e^{tb}] = \int_{V_e} \rho [B]^{Tms} [\Lambda] [B] dV$  – матрица теплопроводности КЭ;

$[K_e^{tc}] = \int_{S_3} \alpha A \{\Phi\} \{T_e\} dS_3$  – матрица поверхностной конвекции КЭ;

$\{Q_e^f\} = \int_{S_2} \{\Phi\} q^* dS_2$  – вектор теплового потока;

$\{Q_e^c\} = \int_{S_3} T_{air} \alpha A \{\Phi\} dS_3$  – вектор поверхностной конвекции КЭ.

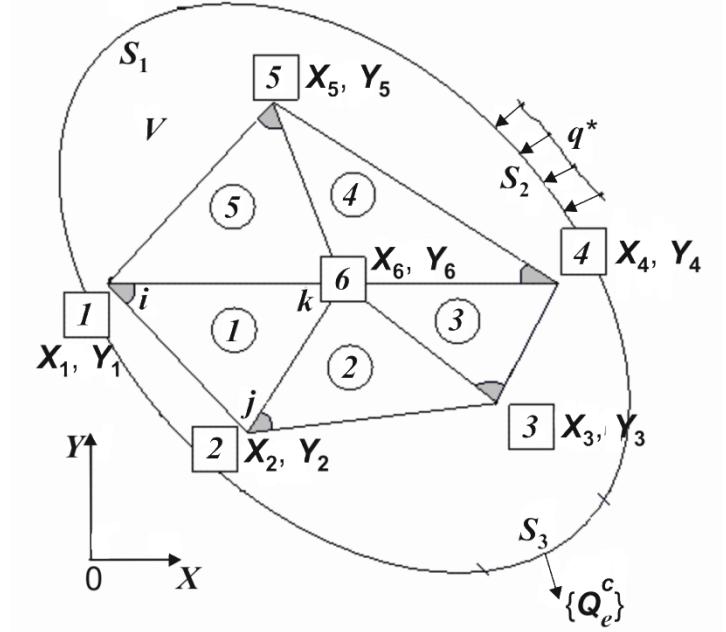
Уравнение теплопроводности для всей расчетной области строится с помощью матрицы инцидентности узлов и сетки КЭ.

Рассмотрим определение матрицы инцидентности узлов КЭ для части расчетной области из пяти треугольных КЭ, представленной на рис. 2. Общий объем расчетной области –  $V$ . Номера КЭ (с 1 по 5) помещены в кружках; номера сетки узлов, образованных конечными элементами (с 1 по 6), – в квадратах; номера узлов в каждом КЭ (показано только в первом КЭ) обозначены  $i, j, k$ . Отмеченный заливкой угол в КЭ имеет номер  $i$ . Обход узлов в КЭ – против хода часовой стрелки. Координаты сетки узлов в общей системе координат  $OXY$  обозначены  $X_i, Y_i$  ( $i = 1, \dots, 6$ ). На части поверхности  $S_1$  расчетной области заданы температуры  $T_s$ , на части  $S_2$  – тепловой поток  $q^*$ , на части  $S_3$  – вектор поверхностной конвекции  $\{Q_e^c\}$ .

Температуры  $T_m$  ( $m = 1, 2, \dots, 6$ ) в узлах сетки КЭ принимают за искомые переменные, связь температур  $T^{(e)}$  в любой точке КЭ с температурами  $T_m$  в узлах сетки определяет с помощью интерполирующих функций  $\phi_n(x, y)$ ,  $n = i, j, k$ :

$$T^{(e)} = \phi_i^{(e)} T_i + \phi_j^{(e)} T_j + \phi_k^{(e)} T_k, \quad (9)$$

Рис. 2. Расчетная область из пяти треугольных КЭ



где  $\varphi_n^{(e)}$  – интерполирующие функции,  $\varphi_n^{(e)} = \frac{1}{2A} [a_n^{(e)} + b_n^{(e)} x + c_n^{(e)} y]$ ;  
 $a_n^{(e)}, b_n^{(e)}, c_n^{(e)}$  – коэффициенты,

$$\begin{aligned} a_i^{(e)} &= X_j^{(e)} Y_k^{(e)} - X_k^{(e)} Y_j^{(e)}; & b_i^{(e)} &= Y_j^{(e)} - Y_k^{(e)}; & c_i^{(e)} &= X_k^{(e)} - X_j^{(e)}; \\ a_j^{(e)} &= X_k^{(e)} Y_i^{(e)} - X_i^{(e)} Y_k^{(e)}; & b_j^{(e)} &= Y_k^{(e)} - Y_i^{(e)}; & c_j^{(e)} &= X_i^{(e)} - X_k^{(e)}; \\ a_k^{(e)} &= X_i^{(e)} Y_j^{(e)} - X_j^{(e)} Y_i^{(e)}; & b_k^{(e)} &= Y_i^{(e)} - Y_j^{(e)}; & c_k^{(e)} &= X_j^{(e)} - X_i^{(e)}; \end{aligned} \quad (10)$$

$X_m^{(e)}, Y_n^{(e)}$  – координаты узлов КЭ в общей системе координат  $OXY$   
 $(m, n = 1, 2, \dots, 6)$ ;

$T_n$  – температуры в узлах КЭ,  $n = i, j, k$ .

Связь температур  $T^{(e)}$  в точках КЭ на рис. 2 с температурами  $T_m$  в узлах сетки определяется по формулам (9):

$$\begin{aligned} T^{(1)} &= \varphi_1^{(1)} T_1 + \varphi_2^{(1)} T_2 + \varphi_6^{(1)} T_6; \\ T^{(2)} &= \varphi_2^{(2)} T_2 + \varphi_3^{(2)} T_3 + \varphi_6^{(2)} T_6; \\ T^{(3)} &= \varphi_3^{(3)} T_3 + \varphi_4^{(3)} T_4 + \varphi_6^{(3)} T_6; \\ T^{(4)} &= \varphi_4^{(4)} T_4 + \varphi_5^{(4)} T_5 + \varphi_6^{(4)} T_6; \\ T^{(5)} &= \varphi_1^{(5)} T_1 + \varphi_5^{(5)} T_5 + \varphi_6^{(5)} T_6. \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь  $\varphi_n^{(e)}$  – интерполирующие функции, вычисляемые через координаты узлов КЭ в общей (глобальной) системе координат  $OXY$ :

$$\begin{aligned}
 \varphi_1^{(1)} &= \frac{1}{2A} [X_2Y_6 - X_6Y_2 + (Y_2 - Y_6)x + (X_6 - X_2)y]; \\
 \varphi_2^{(1)} &= \frac{1}{2A} [X_6Y_1 - X_1Y_6 + (Y_6 - Y_1)x + (X_1 - X_6)y]; \\
 \varphi_3^{(1)} &= \frac{1}{2A} [X_1Y_2 - X_2Y_1 + (Y_1 - Y_2)x + (X_2 - X_1)y]; \\
 &\dots\dots\dots \\
 \varphi_1^{(5)} &= \frac{1}{2A} [X_6Y_5 - X_5Y_6 + (Y_6 - Y_5)x + (X_5 - X_6)y]; \\
 \varphi_5^{(5)} &= \frac{1}{2A} [X_1Y_6 - X_6Y_1 + (Y_1 - Y_6)x + (X_6 - X_1)y]; \\
 \varphi_6^{(5)} &= \frac{1}{2A} [X_5Y_1 - X_1Y_5 + (Y_5 - Y_1)x + (X_1 - X_5)y].
 \end{aligned} \tag{12}$$

В формулах (12) 2A равна удвоенной площади треугольного КЭ на рис. 2.

Поскольку интерполирующие функции  $\varphi_j$  обладают следующим свойством:  $\varphi_j(x_i, y_i) = 1$ , если  $i = j$ ;  $\varphi_j(x_i, y_i) = 0$ , если  $i \neq j$ , то связь температур  $T_n^{(e)}$  в узлах КЭ на рис. 2 с температурами  $T_m$  в узлах сетки определяется с помощью матрицы инцидентности  $[\Gamma]$ :

$$\{T^{(e)}\} = [\Gamma]\{T\}, \{T\} = [\Gamma]^{Trns}\{T^{(e)}\}. \tag{13}$$

$\{T^{(e)}\}$	=	$[\Gamma]$	$\{T\}$							
$T_1^{(1)}$	=	1	0	0	0	0	0			
$T_2^{(1)}$		0	1	0	0	0	0		0	
$T_3^{(1)}$		0	0	0	0	0	0		1	
$T_1^{(2)}$		0	1	0	0	0	0		0	
$T_2^{(2)}$		0	0	1	0	0	0		0	$T_1$
$T_3^{(2)}$		0	0	0	0	0	0		1	$T_2$
$T_1^{(3)}$		0	0	1	0	0	0		0	$T_3$
$T_2^{(3)}$		0	0	0	1	0	0		0	$T_4$
$T_3^{(3)}$		0	0	0	0	0	0		1	$T_5$
$T_1^{(4)}$		0	0	0	1	0	0		0	$T_6$
$T_2^{(4)}$		0	0	0	0	1	0		0	
$T_3^{(4)}$		0	0	0	0	0	0		1	
$T_1^{(5)}$		1	0	0	0	0	0		0	
$T_2^{(5)}$		0	0	0	0	1	0		0	
$T_3^{(5)}$		0	0	0	0	0	0		1	

В компьютерных программах матрицы инцидентности строят, сравнивая числовые значения глобальных координат узлов сетки с глобальными координатами узлов КЭ.

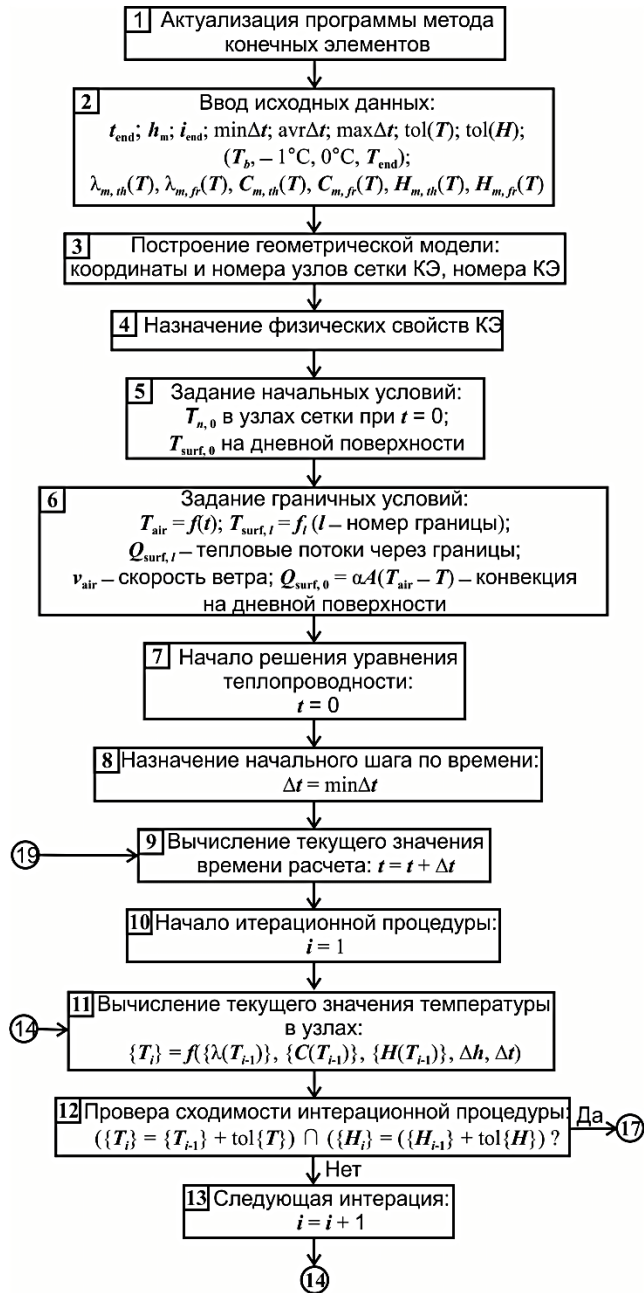
Располагая матрицей инцидентности для всей расчетной области, можно составить матричное уравнение для определения вектора температур  $\{T\}$  в узлах сетки КЭ ( $\kappa$  – число КЭ во всей расчетной области):

$$[C^t]\{T\} + ([K^{tb}] + [K^{tc}])\{T\} = \{Q^f\} + \{Q^c\}, \tag{14}$$

где  $[C^t] = [\Gamma]^{Trns} [[C_1^t], [C_2^t], \dots, [C_\kappa^t]] [\Gamma]$  – матрица теплоемкости;

$[K^{tb}] = [\Gamma]^{Trns} [[K_1^{tb}], [K_2^{tb}], \dots, [K_k^{tb}]] [\Gamma]$  – матрица теплопроводности;  
 $[K^{tc}] = [\Gamma]^{Trns} [[K_1^{tc}], [K_2^{tc}], \dots, [K_k^{tc}]] [\Gamma]$  – матрица поверхностной конвекции;  
 $\{Q^f\} = [\Gamma]^{Trns} \{\{Q_1^f\}, \{Q_2^f\}, \dots, \{Q_k^f\}\}^{Trns}$  – вектор теплового потока;  
 $\{Q^c\} = [\Gamma]^{Trns} \{\{Q_1^c\}, \{Q_2^c\}, \dots, \{Q_k^c\}\}^{Trns}$  – вектор поверхностной конвекции.

Ниже, на рис. 3, приведена укрупненная блок-схема алгоритма.



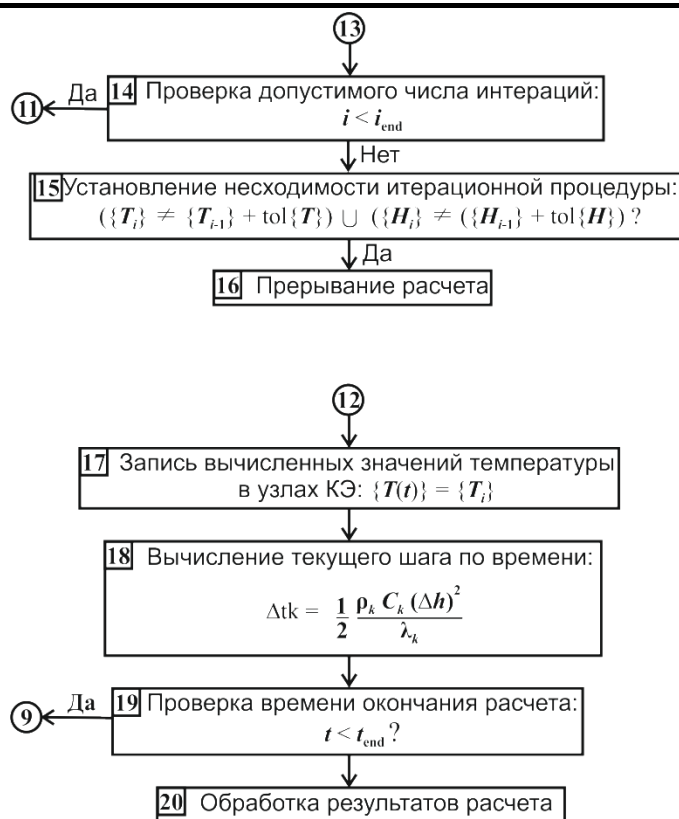


Рис. 3 Блок-схема алгоритма:  $t_{\text{end}}$  – конечное значение интервала времени в расчете;  $i_{\text{end}}$  – число итераций на каждом шаге по времени;  $h_m$  – толщина слоя грунта основания;  $\min\Delta t$ ,  $\text{avg}\Delta t$ ,  $\max\Delta t$  – минимальное, среднее, максимальное значение шага по времени;  $(T_b, -1^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}, T_{\text{end}})$  – таблица температур изменения теплофизических параметров грунта;  $T_b$ ,  $T_{\text{end}}$  – начальная и конечная температура;  $\text{tol}(T)$ ,  $\text{tol}(H)$  – критерии сходимости итерационной процедуры по температуре и энтальпии

Представленный алгоритм расчета промерзания слоистых оснований зимних лесовозных дорог успешно использовался автором в работе [2]. Алгоритм позволяет на персональных компьютерах среднего класса производить теплотехнические расчеты слоистых оснований зимних лесовозных дорог по текущим значениям температуры воздуха и скорости ветра с учетом фазовых превращений воды в лед.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981. 416 с.
2. Миляев А.С. Влияние тепловыделения биомассы подстилающего слоя на промерзание оснований зимних лесовозных дорог//Лесн. журн. 2010. № 1. С. 53–58. (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. М.: Мир, 1972. 418 с.
4. СНиП 2.06.04–82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)/Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1982. 37 с.
5. СНиП 2.02.04–88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах /Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2000. 52 с.

Поступила 17.10.11

*A.S. Milyayev*

St. Petersburg State Forestry Engineering University

### **Algorithm of Calculation of the Frost Penetration of the Winter Logging Roads Stratified Bases**

The article presents an algorithm of calculation of frost penetration depth and rate of the winter logging roads based on current air temperature and wind speed in the given area. The algorithm is based on a computational solution of a nonlinear transient problem regarding the heat transfer in an “air-ground” thermodynamic system. Phase transformations “pore water – ice” as well as dependence of ground thermalphysic characteristics on temperature to be taken into consideration.

*Key words:* winter logging roads, heat transfer, base frost penetration, “water-ice” phase transformations, nonlinear non-stationary equation of heat conductivity.





## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.815-41

*С.М. Плотников, М.С. Лурье*

Сибирский государственный технологический университет

Плотников Сергей Михайлович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Красноярский политехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры электротехники Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 100 печатных работ в области совершенствования производства древесных плит.

E-mail: [smplochnikov@rambler.ru](mailto:smplochnikov@rambler.ru)



Лурье Михаил Семенович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, профессор кафедры электротехники Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 100 печатных работ в области расходомерии и моделирования технологических процессов.

E-mail: [m\\_o\\_1@rambler.ru](mailto:m_o_1@rambler.ru)



### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПЛОСКОЙ ДРЕВЕСНОЙ ЧАСТИЦЫ ПРИ ОРИЕНТИРОВАНИИ

Получены зависимости для определения времени падения древесных частиц от их длины, ширины, толщины и высоты падения, позволяющие минимизировать угол ориентации частиц в плитных материалах.

*Ключевые слова:* плоская частица, время падения, имитационная модель, ориентированная структура, импульс вращения, коэффициент лобового сопротивления.

Современная технология изготовления плит из крупноразмерной ориентированной стружки (OSB) предусматривает ориентирование древесных частиц при формировании стружечного брикета (ковра), который в дальнейшем подвергается горячему прессованию. Благодаря ориентации частиц в брикете (наружные слои – в продольном, внутренние – в поперечном направлении) возможно значительно повысить прочность на изгиб изготавливаемых плит. Причем, чем выше степень ориентации частиц, тем выше прочность.

В производстве OSB механически ориентируют древесные частицы такие фирмы, как «Norbord» (Канада), «Glunz и Kronoply» (Германия), «Egger и Kronopan» (Австрия) и др. При этом скорость движения направляющих органов выбирается преимущественно на основании производительности

оборудования, а фактор минимизации угла ориентации стружки является второстепенным. Данные работы [6] свидетельствуют, что средневзвешенный угол укладки частиц в брикет для дискового ориентирующего устройства составляет не менее 15°. Данный угол можно значительно снизить за счет придания частицам вращательного импульса, определить который можно либо сложными инженерными расчетами, либо за счет моделирования движения ориентируемых частиц.

Цель нашей работы – предложить методику моделирования поведения плоской древесной частицы в ориентирующих устройствах при формировании стружечного брикета.

Зная динамику движения древесной частицы, в частности изменение скорости и времени падения от ориентирующего органа до укладки в брикет, можно так подобрать действующий на частицу вращающий импульс, что она будет уложена в брикет с наименьшим углом отклонения. Это позволит значительно улучшить основной механический показатель таких плит – прочность на изгиб.

Без учета импульса вращения, придаваемого направляющими органами ориентирующего устройства, на частицу, свободно падающую в воздушной среде, действуют силы тяжести  $P = mg$  и сопротивления воздуха  $F_B$ . На основании расчета этих сил можно оптимизировать импульс вращения.

Дифференциальное уравнение движения частицы имеет следующий вид:

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = mg - F_B, \quad (1)$$

где  $m$  – масса частицы, кг;

$s$  – путь, пройденный частицей, м;

$t$  – время падения частицы, с;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Сила  $F_B$  зависит от скорости движения частицы относительно воздуха и может быть определена по формуле Ньютона. Тогда запишем выражение (1):

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = mg - C_x S_d \rho_B \frac{V^2}{2}, \quad (2)$$

где  $C_x$  – коэффициент аэродинамического (лобового) сопротивления частицы;

$S_d$  – площадь проекции поперечного сечения частицы на плоскость, перпендикулярную направлению ее движения,  $\text{м}^2$ ;

$\rho_B$  – плотность воздушной среды при нормальных условиях,  $\rho_B = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ;

$V$  – скорость движения частицы,  $\text{м/с}$ .

Массу частицы определяют по ее размерам и удельной плотности материала:

$$m = BLh \rho_m, \quad (3)$$

где  $B$  – ширина частицы,  $B = 0,01 \dots 0,03 \text{ м}$ ;

$L$  – длина частицы,  $L = 0,05 \dots 0,15 \text{ м}$ ;

$h$  – толщина частицы,  $h = 0,0004 \dots 0,0007 \text{ м}$ ;

$\rho_m$  – удельная плотность материала частицы,  $\rho = 400 \dots 700 \text{ кг/м}^3$ .

При плоскопараллельном падении площадь частицы

$$S_d = BL. \quad (4)$$

Для расчета времени падения частицы по уравнению (2) необходимо знать коэффициент лобового сопротивления  $C_x$ . В разных источниках [1, 2] значения коэффициента  $C_x$  при малых числах Рейнольдса (Re) имеют большой разброс и недостоверны, так как получены на основании малого числа экспериментов. Кроме того, большое влияние на сопротивление частицы оказывает ее удлинение. В [5] для плоских частиц, применяемых в производстве древесностружечных плит, данный коэффициент рекомендовано принимать равным 1,8. Однако  $C_x$  будет существенно варьировать при изменении скорости падения частицы, что не приемлемо для инженерных расчетов.

Таким образом, чтобы определить скорость частицы  $V$ , необходимо знать коэффициент  $C_x$ , который нелинейно зависит от Re. Последнее, в свою очередь, зависит от скорости частицы  $V$ . Исключение из модели коэффициента  $C_x$  возможно за счет моделирования аэродинамических процессов, возникающих при падении частицы в воздушной среде. Для решения данной задачи использовали численное моделирование с помощью программы Comsol Multiphysics 3.5. Это мощная интерактивная среда для моделирования и решения научных и технических задач, описание которых возможно дифференциальными уравнениями в частных производных [7]. Программное обеспечение пакета поддерживает конечно-элементную технологию вместе с адаптивным построением сетки и контролем ошибок при работе с различными численными решателями.

Расчет падения частицы с учетом ее аэродинамики заключался в определении зависимости силы торможения частицы от времени ее падения на модели в программе Comsol Multiphysics 3.5. Полученную зависимость в виде аппроксимирующего выражения вводили в S-модель падения частицы, созданную ранее в программе MatLab/Simulink. Скорость и время падения частицы определяли с учетом силы аэродинамического торможения в воздухе. При этом необходимость использования нелинейной зависимости коэффициента лобового сопротивления  $C_x$  от числа Re отпала.

Алгоритм расчета времени падения плоской частицы с высоты  $H_0$  в зависимости от ее параметров представлен на рис. 1.

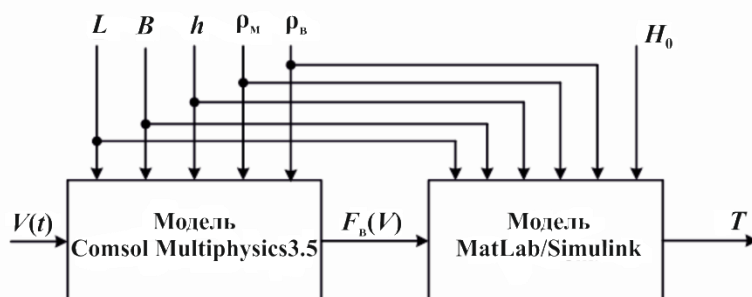


Рис. 1. Алгоритм расчета времени падения частицы

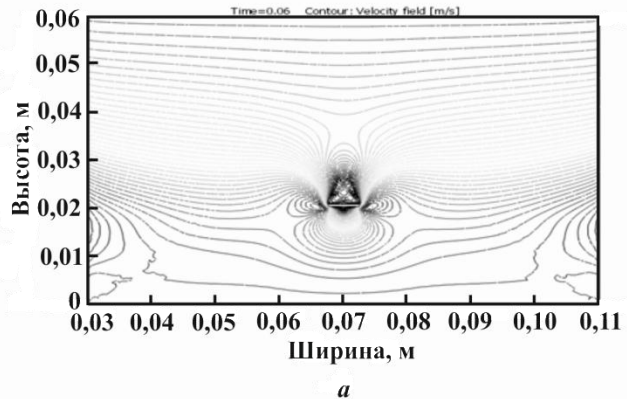
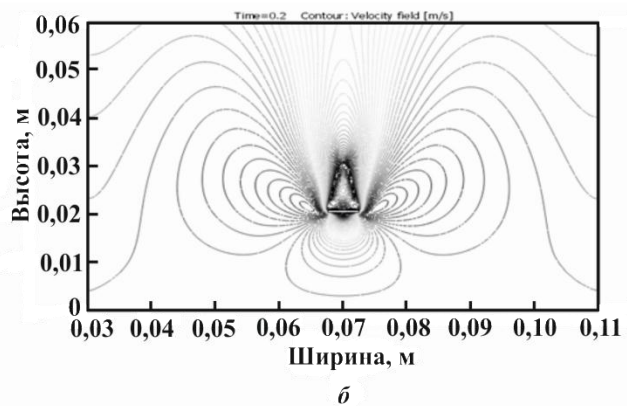


Рис. 2. Поле скоростей после начала движения частицы: *a* – через 0,06 с; *б* – через 0,20 с



В ходе численного моделирования обтекания падающей частицы получаем в программе Comsol Multiphysics 3.5 поля давлений и скоростей вокруг нее. В качестве примера на рис. 2 приведено обтекание частицы через 0,06 и 0,20 с после начала движения. (Здесь оси координат являются высотой и шириной ориентирующего пространства в метрах).

По результатам моделирования падения частицы получена зависимость силы сопротивления воздуха  $F_b$  от числа Re, аппроксимируя которую с помощью пакета Curve Fitting программы MatLab получим следующее выражение (коэффициент корреляции  $R = 0,99991$ ):

$$F_b = \frac{BL}{B_0L_0} (0,0007845 \text{Re}^2 - 0,0001813 \text{Re} + 4,05 \cdot 10^{-5}), \quad (5)$$

где  $B_0$  – средняя ширина частицы,  $B_0 = 0,002$  м;

$L_0$  – средняя длина частицы,  $L_0 = 0,1$  м.

Имитационная модель для данной задачи составлена в пакете Simulink. В модели (рис. 3) блоки Vch и tch служат для задания соответственно ширины и толщины плоской частицы. Выражение (5) в модели рассчитывает блок Fcn3.

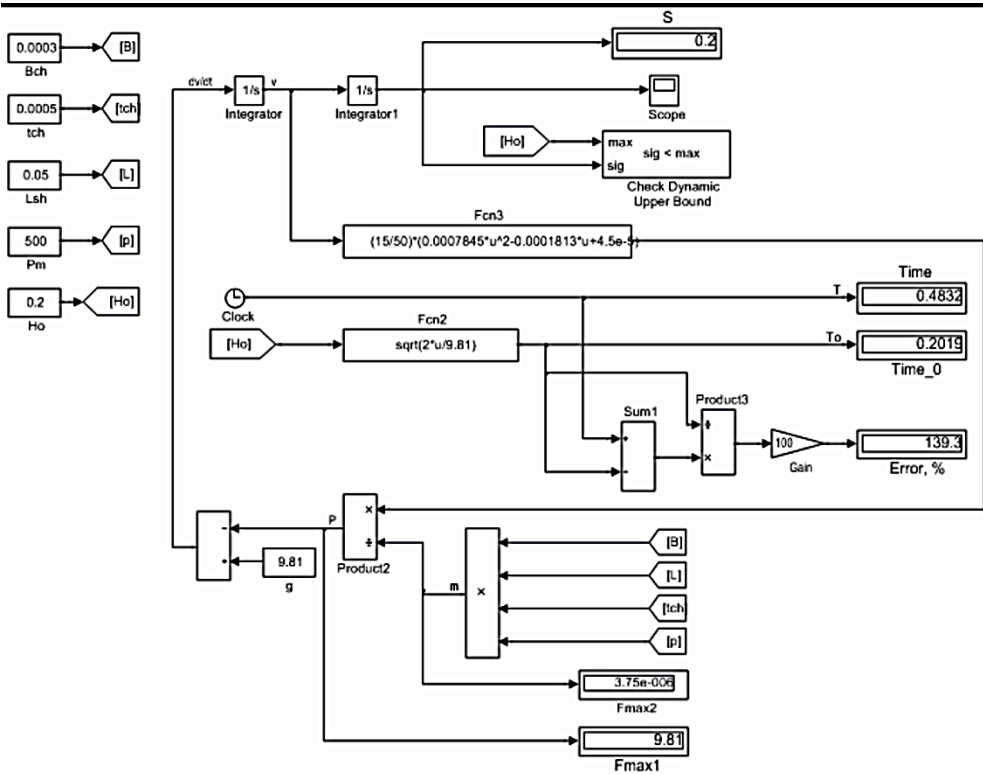
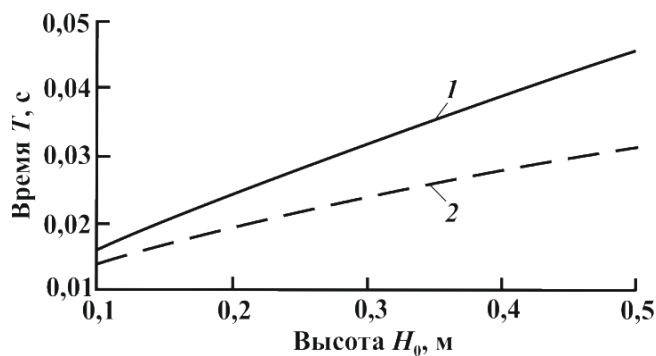


Рис. 3. Имитационная модель (S-модель) падения плоской частицы

Графики, полученные на основе результатов моделирования (рис. 4), показывают, что время падения частицы зависит от ее толщины и плотности и не зависит от ее длины и ширины, так как при увеличении этих параметров во столько же раз возрастает площадь сечения частицы и, соответственно, растет сила аэродинамического торможения.

Результаты моделирования были экспериментально проверены с помощью скоростной цифровой видеокамеры Fastvideo-400 (частота сканирования 2600 кадров в секунду) путем фиксации падения с высоты 0,2 м плоской частицы из древесины сосны длиной 0,1 м и шириной 0,01 м. Время падения составило 0,25 с, что соответствует расчетному значению (погрешность не более 5 %).

Рис. 4. Зависимость времени падения частицы  $T$  от высоты ее падения  $H_0$  ( $B = 0,01$  м;  $L = 0,1$  м;  $h = 0,0005$  м;  $\rho_m = 500$  кг/м<sup>3</sup>) в воздухе (1) и в вакууме (2)



Зная время падения частицы  $T$ , можно определить скорость ее вращения ( $\omega$ , рад/с), необходимую для минимизации угла укладки частицы в брикет:

$$\omega = \frac{2\pi n + \alpha_{\text{нач}}}{T}, \quad (6)$$

где  $n$  – число оборотов, задаваемое частице,  $n = 0$  или  $1$ ;

$\alpha_{\text{нач}}$  – угол схода частицы с направляющих (ориентирующих) органов, зависящий от расстояния между ними и длины частицы, рад.

Число  $n$  определяется производительностью ориентирующего устройства. Чем оперативнее требуется ориентировать частицы, тем больший импульс вращения следует им придать и тем больше должна быть скорость  $\omega$ . При этом частица может совершить дополнительный оборот. В последнем случае погрешность ориентирования возрастает. На основании выражения (6) определяется скорость перемещения ориентирующих органов (в случае, когда соседние ветви органов движутся в противоположных направлениях) или вращения органов (для дисковых ориентирующих устройств). При использовании в ориентирующем оборудовании систем контроля *online* изложенная методика моделирования, в частности формула (6), позволяет обойтись без сложных расчетов, необходимых для определения линейной или угловой скорости движения ориентирующих органов [3, 4].

Итоги моделирования поведения плоской древесной частицы при ориентировании:

определено время ее падения в зависимости от размеров частицы и высоты падения;

получены поля давлений, действующих на частицу при падении;

установлено, что время падения не зависит от длины и ширины частицы и определяется только ее толщиной и плотностью;

исключена необходимость расчета коэффициента лобового сопротивления  $C_x$ , так как данный параметр определяется автоматически;

определено отклонение времени падения от среднего значения при сочетании параметров частицы случайным образом;

выявлено, что для реальных размеров ориентирующего устройства время падения в воздушной среде до 20 % отличается от времени падения в вакууме.

Результаты исследования позволяют повысить прочность на изгиб – основной механический показатель плит OSB.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Идельчик И.Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
2. *Кутателадзе С.С.* Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. справ. пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. 367 с.
3. Пат. РФ 2315689, МПК В27N3/14. Способ ориентации древесных частиц / Плотников С.М. Опубл. 27.01.2008, БИ № 3.

4. Пат. РФ 2368495, МПК В27N3/14. Способ ориентации древесных частиц / Плотников С.М., Хлебодаров В.Н. Оpubл. 27.09.2009, БИ № 27.

5. Плотников С.М. Исследование падения древесных частиц в ориентирующем устройстве элементов//Лесн. журн. 2008. № 4. С. 66–71. (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесностружечных плит. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1987. 320 с.

7. Шмелев В.Е. Femlab 2.3. Руководство пользователя. М.: Диалог-МИФИ, 1999. 442 с.

Поступила 17.01.12

*S.M. Plotnikov, M.S. Lurie*  
Siberian State Technological University

### **Modeling of a Flat Wood Particle Motion During Alignment**

The dependences of wooden particles fall rate on their length, width, thickness and height of fall that allow to minimize the angle of orientation of particles in wood boards have been obtained.

*Key words:* flat particle, fall duration, simulation model, oriented structure, impulse of rotation, frontal resistance coefficient.



УДК 66.03.05

*Е.С. Шарапов, В.Ю. Чернов*

Поволжский государственный технологический университет

Шарапов Евгений Сергеевич родился в 1980 г., окончил в 2002 г. Марийский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих производств Поволжского государственного технологического университета. Имеет более 40 печатных работ в области комплексного использования лесных ресурсов.

E-mail: sharapov\_evgeniy@mail.ru



Чернов Василий Юрьевич родился в 1988 г., магистрант кафедры деревообрабатывающих производств Поволжского государственного технологического университета. Имеет 3 печатные работы в области исследования свойств древесины.

E-mail: chernov.vas.7926@yandex.ru



## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВА СБОРА ДАННЫХ NI USB 6008**

Предложены конструкции устройств для исследования свойств древесины сверлением; разработаны методика экспериментальных исследований и виртуальный прибор в среде LabVIEW для исследования процесса сверления.

*Ключевые слова:* сверление древесины, устройство сбора данных, виртуальный прибор, LabVIEW, резистограф, экспериментальные исследования.

Проблема определения свойств древесины и древесных материалов актуальна для многих отраслей промышленности и науки: выявление внутренних пороков в растущих деревьях, определение товарности лесосырьевой базы, прочностных характеристик деревянных строительных конструкций (деревянные стены и перекрытия, мачты, столбы, мосты, плотины) и т.д.

Исследованиями свойств древесины и древесных материалов занимались многие отечественные и зарубежные ученые. Качественные и, в том числе, прочностные характеристики древесины коррелировались с ее плотностью, звуковыми и ультразвуковыми свойствами, диэлектрической проницаемостью, способностью пропускать электромагнитное излучение с высокой проникающей способностью [1, 3].

Представленные направления развиваются и в настоящее время, однако почти все они имеют серьезные недостатки, связанные с точностью измерений, скоростью получения результатов и их анализом, сложностью и высокой стоимостью оборудования.

---

© Шарапов Е.С., Чернов В.Ю., 2012



Одно из направлений развития исследований в данной области – определение свойств древесины по ее сопротивлению усилиям резания при механической обработке. В частности, в приборах фирм «Rinntech» и «Instrument Mechanic Lab Inc.» (Германия) методом диагностики характеристик древесины служит определение ее сопротивления сверлению. Однако эти приборы имеют определенные недостатки: низкая надежность и точность измерений, высокая стоимость.

На основании морфологических исследований [5–8] нами разработаны новые конструкции устройств (рис. 1) [4] и методика экспериментальных исследований свойств древесины и древесных материалов сверлением, обеспечивающие высокую точность измерений и имеющие повышенные эксплуатационные характеристики, низкую стоимость.

Основой конструкций этих устройств служат приводы на резание и подачу сверла, ограничители перемещения сверла в радиальном направлении, считывающие устройства (датчики).

Целью данной работы является создание измерительного шлейфа и прикладной программы в среде LabVIEW для автоматизации управления экспериментом, повышения точности и наглядности при исследовании процесса сверления.

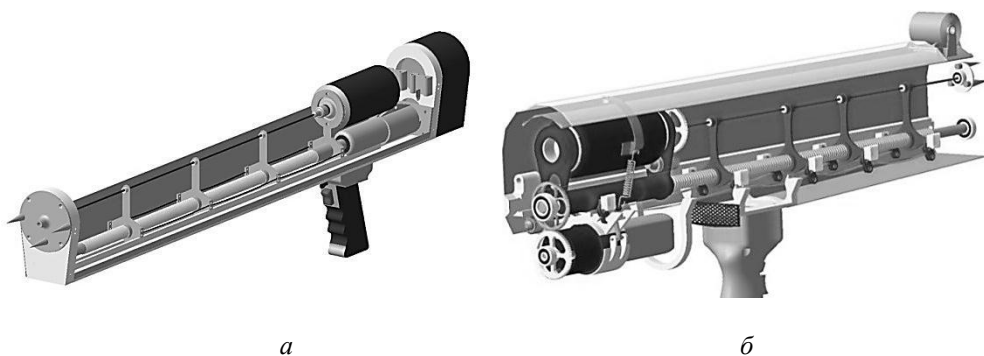


Рис. 1. Модели (а, б) разработанных устройств для измерения сопротивления сверлению

С использованием новых конструкций устройств для исследования свойств древесины разработана лабораторная установка, в которой привод сверла и механизма подачи осуществляется посредством двигателей постоянного тока. Электрический ток, потребляемый приводами устройства, измеряется с помощью линейных датчиков тока «Honeywell» моделей CSLW6B5. Для тарировки датчиков тока, а также замера исходных напряжений на приводах и датчиках используется цифровой мультиметр UT-60G через порт RS-232C. Основу измерительного шлейфа составляет устройство сбора данных (УСД) «National Instruments» USB-6008. Напряжение питания приводов замеряется непосредственно с универсального устройства электроснабжения с помощью УСД, диапазон измерения которого соответствует техническим

характеристикам принимаемых сигналов. Универсальным устройством электропитания служит блок питания ЭВМ, подобранный по мощностям 12-вольтового выхода питания электроприводов, который позволяет стабилизировать напряжения питания датчиков тока (+5 В) и получать при этом более точные результаты.

В программной среде LabVIEW [2] с использованием языка графического программирования разработан виртуальный прибор (ВП), позволяющий осуществлять расчет, запись и отображение измеряемых значений тока и напряжения питания приводов устройства, а также мощности на резание в процессе сверления древесины.

В основу программы заложены экспресс-ВП, обеспечивающие наглядную и быструю работу с сигналами от датчиков. На рис. 2 изображен ВП для определения мощности, потребляемой приводом сверла в процессе сверления.

В соответствии с техническими характеристиками УСД частота дискретизации сигналов варьируется от 10 Гц до 10 кГц.

Фильтрация цифровых сигналов, поступающих с УСД, по току и напряжению питания приводов устройства осуществляется с помощью экспресс-ВП «Filter». При этом используется фильтр скользящего среднего (фильтр с конечной импульсной характеристикой), для математических преобразований – экспресс-ВП «Formula». Можно использовать ВП для анализа амплитуды сигнала по току, потребляемому приводом, и отслеживания нежелательных режимов его работы, а также ВП «Sample Compression» для уменьшения количества выборок входного сигнала в целое число раз. Удобно применять ВП для записи в отдельный файл MS Excel исследуемой мощности на резание при сверлении. Осуществляется графическое изображение замеряемых электрических величин, а также выходного сигнала по мощности на сверление.

Древесину обрабатывают центровым сверлом с симметричными режущими кромками (диаметр рабочей части – 3,8 мм, хвостовик – 2,0 мм). Привод вращения сверла осуществляется от двигателя постоянного тока (номинальная мощность 90 Вт).

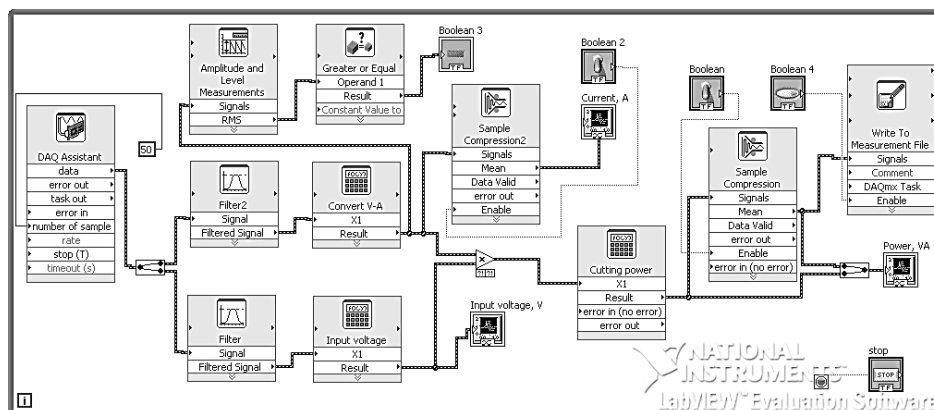


Рис. 2. Блок-диаграмма ВП для исследования процесса сверления древесины

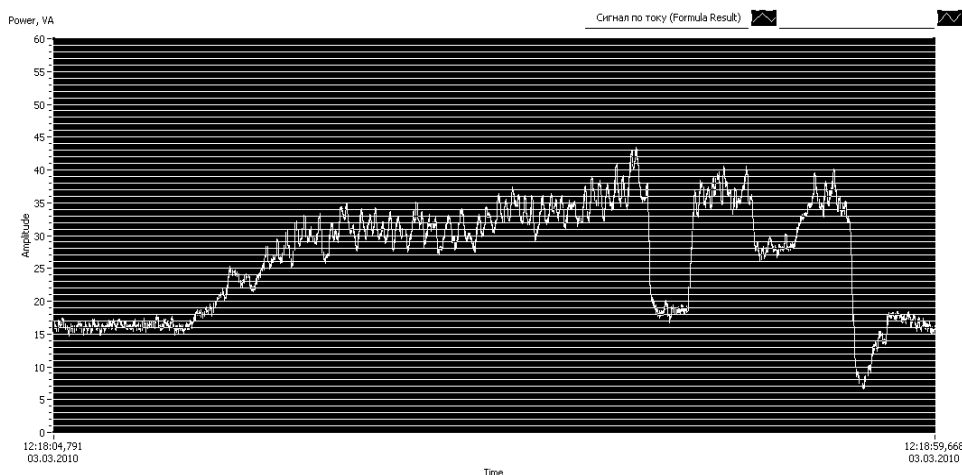


Рис. 3. График изменения мощности, потребляемой приводом вращения сверла в процессе сверления по радиусу круглого лесоматериала диаметром 110 мм

На рис. 3 представлено изменение мощности, потребляемой приводом вращения сверла в процессе сверления. Как видно из рис. 3, мощность, потребляемая приводом на холостом ходу, составляет примерно 16 Вт. При выходе сверла из лесоматериала наблюдается спад потребляемой мощности, однако она не падает до первоначального уровня из-за наличия усилий трения стружки о хвостовик сверла. Последующий рост мощности характеризует обратный ход сверла из лесоматериала, а скачкообразное изменение мощности в процессе сверления объясняется анизотропией годичных слоев древесины.

Применение УСД и специально разработанной прикладной программы в среде LabVIEW позволяет с высокой точностью и наглядностью исследовать процесс сверления древесины, что можно использовать для получения ее качественных физико-механических характеристик. Трение стружки о хвостовик сверла в лабораторной установке незначительно по сравнению с затратами мощности на резание.

В дальнейшем будет разработана общая блок-диаграмма ВП для анализа работы приводов вращения сверла и механизма его подачи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Торопов А.С., Шаранов Е.С.* Исследование плотности древесины березы, пораженной сердцевинной гнилью // Лесн. журн. 2006. № 6. С. 34–43. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Тревис Дж.* LabVIEW для всех/ Пер. с англ. Н.А. Клушина. М.: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. 544 с.
3. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: МГУЛ, 2001. 340 с.

4. Устройство для измерения сопротивления сверлению: пат. 95128 РФ. МПК 6 G01 N 3/40 / Шарапов Е.С., Чернов В.Ю., Бычкова Т.В. № 2010106686/22; заявл. 24.02.2010 ; опубл. 10.06.2010.

5. Bore resistance measuring apparatus including a drive unit and an attachment for a drill and or driving mechanism: united states patent: 6290437 B1. B23B 41/00/Claus M. Leimersheim, Erich H.W. Appl. no. 421904. Filed – Oct. 20, 1999; patented Sep. 18, 2001.

6. Dispositif pour mesurer la résistance interne des matériaux: république Française, Institut national de la propriété industrielle, Paris: 2600772 A1, G01N 3/40/Levasseur M. Date de depot 27 Juin 1986.

7. Vorrichtung zur Materialprüfung, insbesondere Holzprüfung durch Bohr- bzw. Eindringwiderstandsmessung: deutsches Patentamt: 4122494 A1, G01N 3/40/Frank R. Anmeldetag 06.07.91; offenlegungstag 05.03.92.

8. Wood decay detecting drill: UK patent application: 2242029 A, G01N 19/00/Seaby D.A. Appl. nr 9006090.6. Date of filing 17.03.1990; date of publication 18.09.1991.

Поступила 18.02.11

*E.S. Sharapov, V.Yu. Chernov*  
Volga State University of Technology

#### **Research of Wood Drilling Process Using NI USB 6008 Data Acquisition Device**

Devices for wood properties research by drilling are suggested; experimental research technique and virtual device for research of wood drilling process in LabVIEW program have been developed.

*Key words:* wood drilling, data acquisition device, virtual device, LabVIEW, resistograph, experimental researches.

---



## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 662.712

**В.В. Литвинов, В.И. Ширшиков, В.Н. Пиялкин**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Литвинов Виктор Владимирович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, инженер, аспирант кафедры химии древесины и получения лесохимических продуктов С.-Петербургского государственного лесотехнического университета (СПбГЛТУ). Имеет около 10 печатных трудов в области исследования термохимической переработки отходов биомассы дерева, пиролиза, газификации, ожигения.

E-mail: pyrolabfta@gmail.com



Ширшиков Владимир Иннокентьевич родился в 1951 г., окончил в 1974 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, в 1999 г. – Российскую академию народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, кандидат технических наук, доцент СПбГЛТУ. Имеет более 10 печатных трудов в области исследования термохимической переработки отходов биомассы дерева, пиролиза, газификации, ожигения.

E-mail: winner\_vyborg@mail.ru



Пиялкин Владимир Николаевич родился в 1937 г., окончил в 1961 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры химии древесины и получения лесохимических продуктов СПбГЛТУ. Имеет более 150 печатных трудов в области термохимической переработки отходов биомассы дерева, пиролиза, газификации, ожигения.

E-mail: pyrolabfta@gmail.com



## ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ

Представлен аналитический обзор работ по брикетированию древесного угля, систематизированы данные о применяемых связующих веществах и степени измельчения сырья. Сделан вывод о перспективности данного направления для производства бытовых и промышленных древесно-угольных брикетов.

*Ключевые слова:* брикетирование древесного угля, технологии брикетирования, связующие, бытовые и промышленные брикеты.

По мере истощения запасов ископаемых топлив возрастает роль растительной биомассы как возобновляемого органического сырья для решения проблем «парникового эффекта» и «кислотных дождей».

---

© Литвинов В.В., Ширшиков В.И., Пиялкин В.Н., 2012

Из биомассы дерева можно и нужно получать традиционные древесные и осветляющие активированные угли, гемо- и энтеросорбенты, качественные восстановители для электрометаллургии, в том числе для кремния и карбида кремния, котельные и моторные топлива и др. [1, 7–9, 11, 19, 21, 23]. Однако в связи с ростом цен на традиционное стволное твердоложное сырье следует предусматривать использование отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки. Можно считать, что такие отходы биомассы дерева, как кора, фаутная и корневая древесина, откомлевки, сучья, вершинник, хвоя и листья составляют до 70 % от массы заготавливаемой древесины [45].

Перспективными методами переработки таких отходов являются термические ввиду относительно низких капиталовложений и возможности реализации продуктов [23, 30, 43]. Их пирогенетическая переработка по современным технологиям в виде щепы или опилок приводит к получению «нестандартного» (мелкого) древесного угля (МДУ). Между тем, потребность в нем для промышленности весьма значительна. Это традиционные области потребления дисперсного древесного угля: производство электроугольных изделий (электроды, щетки электродвигателей, угольные сопротивления, электрообогреватели типа «доброе тепло» и т. п.) [21], переплавка металлолома, производство тугоплавких смазок прокатки металлов [11], антикоррозийных порошков [9], наполнителя пластмасс [9], черных порохов [9], карбюраторов [20], активированных углей, добавок в комбикорма [47], рекультиваторов почв [47] и др. Особые направления использования древесного угля разработаны и внедрены в Японии [8].

Наиболее многотоннажным направлением использования МДУ является его брикетирование для получения древесно-угольных брикетов (ДУБ) [1, 3, 4, 6, 13, 15–19, 21, 22, 27–29, 36–38, 42, 48, 50], которые рассматриваются как полноценная замена кускового древесного угля в перспективе расширения сфер его применения. В первую очередь это связано с получением товарного продукта с заранее заданными характеристиками по размерам, составу, теплофизическим и химическим свойствам. Существенным преимуществом развития производства ДУБ бытового и промышленного назначения является «всеядность» современных технологических схем процессов пиролиза [4–6, 25, 27, 28, 38] к перерабатываемому древесному сырью по разнородности и фракционному составу, что значительно расширяет сырьевую базу пирогенетической переработки биомассы дерева [26, 42, 48].

Существенным преимуществом технологии ДУБ является возможность ввода различных присадок, в качестве которых широко применяют камфору, нафталин или нитробензол для устранения образования дыма при горении. Для ускорения сгорания брикета часто вводят нитраты, диоксид марганца, оксид меди, оксид ванадия в количестве 0,03...0,06 %, а для замедления – минеральные наполнители (мел, каолин, бентонит), что уменьшает производственные затраты и существенно снижает скорость горения топлива

по сравнению с кусковым древесным углем. В целях придания приятного запаха при горении брикетов применяются добавки в виде опилок древесины, экстрактов благовонных трав, различных эссенций, эфирных душистых веществ, пряностей и др. [13, 14, 16].

Термин «брикетирование» означает создание твердого тела из диспергированных твердой и жидкой фаз, обладающего определенными размерами и формой, а также новыми структурно-механическими свойствами [22, 24, 26, 33, 42]. Любой материал, полученный из частиц, соединенных между собой связующим веществом, представляет собой систему, прочность которой зависит от трех основных факторов: адгезии, аутогезии и когезии тел, составляющих систему.

В производстве бытовых ДУБ предпочитают использовать связующие типа технического крахмала, в основном его дешевые сорта (картофельный, кукурузный, маниока, тапиока) [8, 25, 33, 50]. В качестве водорастворимых связующих в патентных заявках фигурируют декстрин, сахар и меласса [38].

Для ДУБ промышленного назначения в качестве связующих предложены пеки, древесная, торфяная и каменноугольная смолы, лигносульфонаты, дегти, мазуты, гудроны и др. [7, 34, 35, 37, 42]. За оптимальную температуру прокаливания «зеленых» брикетов можно принять 550 °С [1, 25, 26, 42]. Установлено, что пористость брикетов из угля березы, сосны и осины составляет соответственно 52, 54 и 52 %, реакционная способность – соответственно 88,3; 87,0 и 88,7 % [7].

В качестве неорганических связующих часто используют цемент, гипс, силикаты, хлористый магний, гашеную известь, глину, растворимое стекло, каустический доломит, битумно-известковые пасты и др. [5, 25, 26, 37], хотя они увеличивают зольность брикетов.

Особое значение для производства качественных ДУБ промышленного назначения имеет выбор связующего для сохранения уникальных свойств древесного угля как восстановителя [7, 21]. В этом случае определяющими являются число Конрадсона и характер получаемого нелетучего остатка. Существует несколько теорий процесса коксообразования [24, 33], согласно которым повышение температуры прокаливания увеличивает число химических связей между поверхностями контакта и способствует получению более прочных брикетов. Это должно быть учтено при выборе веществ органического характера в качестве связующего для брикетирования [2, 12, 14, 37].

По сопротивлению раздавливанию прочность угля из разных пород древесины вдоль волокон близка и достигает прочности кокса, но поперек волокон в 4–6 раз меньше [16]. Максимальной механической прочностью обладает березовый уголь, минимальной – еловый. Последнее имеет практическое значение, так как угли из древесины хвойных пород обладают относительно низкой зольностью, а наличие еще и повышенных

механических свойств позволило бы создать условия для его более широкого применения [44].

При производстве ДУБ требования к основному компоненту (углю) значительно снижаются, так как существующая технология предусматривает его предварительное измельчение. Поэтому в данном случае такие жесткие требования, как порода древесного сырья, зольность, содержание нелетучего углерода и фракционный состав, на качество получаемых продуктов различного назначения существенного влияния не оказывают. Определяющим фактором является предварительная степень измельчения угля, т. е. его фракционный состав и тип связующего.

Так, Ливеровский [18] считает оптимальным содержание фракций, мм/ %: < 0,25/53,5; 0,25...0,50/27,5; 0,50...1,00/19,0; Федорищев: < 0,25/24,0; 0,25...0,50/15,0; 0,50...1,00/61,0; Кулагин [7, 12–17, 21, 28, 29] : < 0,25 мм; в этих работах показано, что с повышением степени измельчения прочность брикетов увеличивается в 7 раз и является максимальной, если количество частиц размером < 0,1 мм составляет не менее 78,2 %.

Степень измельчения древесного угля и его дисперсионный состав определяются соображениями как структурно-механического, так и экономического характера. Поскольку все процессы, связанные с измельчением, являются энергоемкими, определение оптимальной дисперсности частиц угля предотвратит излишние затраты времени и энергии на операцию [33]. Слишком тонкий помол угля может привести к увеличению расхода связующего и ухудшению его структурных свойств, в частности к уменьшению прочности брикета [25]. Согласно теории Риттингера [33], необходимая работа дробления прямо пропорциональна поверхностям разделения, получаемым в процессе измельчения материала. По Кулагину [7, 12–17, 21, 28, 29], для измельчения древесного угля до фракции 0,00025 м необходимо затратить 1,58 кВт·ч/т, а до 0,00010 м – 4,20 кВт·ч/т.

Наши данные и результаты других исследователей четко указывают на влияние породного состава сырья и возможные направления реализации полученных ДУБ, т. е. угли из корьевых и лесосечных отходов предпочтительно использовать на получение ДУБ бытового назначения, угли из древесины хвойных пород – на производство качественных углеродистых восстановителей промышленного назначения.

Для бытовых и промышленных ДУБ разработаны и утверждены стандарты качества выпускаемой продукции:

*Гриль-ДУБ «В» DIN 51749–В* (Германия) [48].

Содержание воды не должно превышать 8 %, гриль-ДУБ по форме и размерам должны быть пригодны для использования в гриль-приборах, количество брикетов с зерном < 20 мм не должно быть более 10 %, доля золы и нелетучего углерода в обезвоженной субстанции не должна превышать соответственно 16 и 66 %, связывающее вещество не должно отрицательно влиять на качествоготавливаемых пищевых продуктов.



*ДУБ для железнодорожного транспорта ТУ 81-05-144–78 (РФ) [26].*

Массовая доля нелетучего углерода – не менее 70 %; массовая доля воды – не более 10 %; минимальный размер брикетов – 30×40×50 мм, механическая прочность регламентирована по сбрасыванию на деревянный пол.

*ДУБ ТУ 2455-001-46277971–2003 (фирма «Перун», РФ) [25].*

Эти брикеты имеют следующую маркировку: А – применяется для отопления жилых помещений (в каминах), вагонов, при приготовлении шашлыков, грилей и др.; Б – применяется для отопления жилых помещений (в каминах), вагонов.

*ДУБ для выплавки кремния (ЦНИЛХИ, РФ) [12].*

Прочность на раздавливание – 200 кгс/см<sup>2</sup>; плотность – 0,88 г/см<sup>3</sup>; диаметр и высота брикета – соответственно 30 и 20 мм; влажность 5,7 %; зольность – 0,88 %; количество летучих – 2,22 %; количество нелетучего углерода – 96,9 %; пористость – 50 %; электросопротивление – 200...400 ом·см; связующее смолы, пеки, битумы.

*ДУБ для электрометаллургии (СПб ГЛТА, РФ) [26].*

Прочность на раздавливание по линии и поперек линии прессования – 7,5 МПа; влажность – 5,2 %; зольность – 0,7 %; количество летучих – 11,8 %; количество нелетучего углерода – 85,2 %; истинная плотность – 645 кг/м<sup>3</sup>; кажущаяся плотность – 460 кг/м<sup>3</sup>; пористость – 45 %; диаметр и высота брикета – соответственно 60 и 36 мм; содержание «вредных» элементов, %: Са – 0,14; Fe – 0,005; Al – 0,01; Ti – 0,01; связующее – собственная суммарная пирогенная смола.

Разработаны, испытаны и предложены технологические схемы и оборудование для брикетирования древесного угля [4, 6, 7, 12–17, 21, 22, 28, 29, 40, 41]: Сявский [27, 28], Амзинский [15, 29] и Вологодский ЛХЗ, г. Майкоп (РФ) [41]; «Green Power» (Украина) [40]; «Уаньи» [6], «GEMCO» [39] (Китай); Франция, США [49].

Необходимо отметить очевидную востребованность технологий получения и брикетирования нестандартного древесного угля в целях расширения лесосырьевой базы и новых сфер использования производимой древесно-угольной продукции.

Неоспоримыми преимуществами ДУБ, по сравнению с традиционным крупнокусковым древесным углем, являются: возможность получения «белого» и «красного» углей с введением специфических ингредиентов; сгорание брикета с заданной и определенной скоростью; форма, высокая механическая прочность в любом направлении и четкие размеры брикета, обеспечивающие заданную газопроницаемость насыпного слоя углеродистого восстановителя в электрометаллургии с сохранением реакционной способности древесного угля; брикеты являются экологически чистой продукцией; технология обеспечивает четкое регулирование заданных параметров и контроль качества брикетов; более высокая насыпная плотность и транспортабельность товарной продукции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреева Л.М.* Асфальтито-битумные сплавы, как связующее для брикетирования шаргуньских углей // Брикетирование углей и углеродистых материалов. М.: Недра, 1973. С. 51–57.
2. *Асеева З.Г., Королькова А.В.* Древесный пек и его применение // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1968. № 1. С. 8.
3. А.с. № 57679. Способ приготовления древесно-угольных брикетов / Квятковский М.Ф., Пирятинский А.Л.
4. А.с. № 57839 Способ получения древесно-угольных брикетов / Дудин А. И.
5. А.с. № 91150 Способ получения древесно-угольных брикетов / Петров В.С.
6. *Володин Г.А., Елишев А.Т.* Брикетная фабрика «Уаньи» // Обогащение и брикетирование угля. 1967. № 5. С. 51.
7. Восстановитель для производства кристаллического кремния / Е.П. Кулагин, О.В. Бронзов, А.М. Варюшенков, Е.П. Исаева // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1970. № 6. С. 15.
8. Древесный уголь в черных и белых красках. Режим доступа: <http://web-japan.org/nipponia/nipponia19/ru/topic/index.html>
9. Древесный уголь. Получение, основные свойства и области применения древесного угля / О.В. Бронзов [и др.] М.: Лесн. пром-сть. 1979. 137 с.
10. *Зайцев И. Л., Осипова Е. В.* Брикетирование угольной мелочи на установке УБМ-М // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1964. № 4. С. 20.
11. *Киселев И.Я., Ерофеев В.С., Тимофеева Е.К.* Применение древесного угля в качестве наполнителя мыльного порошка для волочения стальной малоуглеродистой проволоки // Сталь. 1968. № 6. С. 566–567.
12. *Кулагин Е.П.* Брикетирование древесно-угольной мелочи с каменноугольной смолой и лигносульфонатами: сб. науч. тр. ЦНИЛХИ. Вып. 21. М.: Лесн. пром-сть, 1970. С. 85.
13. *Кулагин Е.П.* Древесно-угольные брикеты – новая продукция лесохимических предприятий // Переработка продуктов пиролиза древесины: сб. науч. тр. 1976. № 25. С. 64.
14. *Кулагин Е.П.* Изучение различных веществ в качестве связующего для получения древесно-угольных брикетов: сб. науч. тр. ЦНИЛХИ. Вып. 22. М.: Лесн. пром-сть, 1971. С. 22.
15. *Кулагин Е.П., Кислицын А.Н., Эйтвид А.А.* Получение древесных брикетов со связующими Амзинского ЛХЗ // Лесохимия и подсочка. 1974. № 7. С. 5.
16. *Кулагин Е.П., Рассадина Е.С.* Зависимость свойств древесноугольных брикетов от количества связующего // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1972. № 6. С. 14.
17. *Кулагин Е.П.* Сушка и прокалка древесноугольных брикетов // Хим. переработка древесины. 1969. № 6. С. 12.
18. *Ливеровский А.А., Кривохатский Г.П.* Комплексное использование угольной мелочи и древесной смолы // Лесохим. пром-сть. 1939. № 4.
19. *Лямин В.А.* Использование древесной мелочи для получения лесохимикатов и угольных брикетов // Сб. науч. тр. Ин-та лесохоз. проблем. Т. 16. Рига: АН Латв ССР. 1958. С. 32.
20. Мелкозернистый древесноугольный карбюризатор для машиностроения / А. Н. Завьялов [и др.] // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1988. № 3. С. 11–12.

21. *Мизин В.Г., Серов Г.В.* Углеродистые восстановители для ферросплавов. М.: Металлургия, 1976. 272 с.
22. *Нордстрем Э.К., Ойстрах Э.Н.* Брикетирование угля и древесно-угольной мелочи // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1955. № 6. С. 30.
23. О возможности получения бионефти из отходов древесного сырья / С.А. Прокопьев, [и др.] // Лесн. журн. 2007. № 6. С. 95–103. (Изв. высш. учеб. заведений).
24. *Онусайтис Б.А.* Образование и структура каменноугольного кокса // М.: АН СССР, 1960. 87 с.
25. *Пильщиков Ю.Н.* Вопрос выбора сырья и типа связующего в производстве качественных древесно-угольных брикетов // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка. СПб, 2008. С. 164–168.
26. *Пильщиков Ю.Н.* К вопросу производства качественных древесно-угольных брикетов // Изв. СПбГЛТА. СПб, 2006. С. 119–123.
27. Получение древесно-угольных брикетов на Сявском ЛХЗ и испытание их в производстве кристаллического кремния / Е.П. Кулагин [и др.] // Лесохимия и подсочка. 1973. № 10. С. 4.
28. Производство древесно-угольных брикетов из отходов древесного угля на Сявском ЛХЗ / Е. П. Кулагин [ и др.] // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1974. № 3. С. 12.
29. Производство древесно-угольных брикетов на Амзинском лесохимическом заводе / Е. П. Кулагин [и др.] // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1975. № 7. С. 24.
30. Промышленное производство древесного угля: экспрес-информ. «Зарубежный опыт». М.: ВНИПИЭИ леспром, 1987. 18 с. (Лесохимия и подсочка. Вып. 3).
31. *Раковский В.Е., Пигулевская Л.В.* Химия и генезис торфа. М.: Недра, 1978. 231 с.
32. *Ранта Ю., Сакса Т., Кайнанен Р.* Сорта древесного угля и продажа его в Финляндии // Хельсинский ун-т, Центр исследования и обучения. Миккеми, 1994.
33. *Ребиндер П.А.* Физико-химическая механика дисперсных структур // Физико-химическая механика дисперсных структур М.: Наука, 1966. С. 3.
34. *Сартакова Н. В.* Пирогенные смолы биомассы дерева и их использование // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка. СПб, 2007. С. 158–160.
35. *Сартакова Н.В.* Характеристика осадочных смол пиролиза сосновой древесины и сосны с изысканием пути использования // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка. СПб, 2006. С. 86–91.
36. ТУ 2455-001-46277971–2003. Брикетты древесно-угольные.
37. *Уваров И.П., Гордон Л.В., Гусаков В.Н.* Древесно-смоляной пек – связующее при получении древесно-угольных брикетов // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1957. № 4. С. 10.
38. *Филиппов Б.Н.* Новый способ брикетирования древесно-угольных отходов // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1958. № 6. С. 17.
39. Фирма «Anyang GEMCO Energy Machinery Co.», Ltd. (КНР). Режим доступа: <http://agitc.cn>
40. Фирма «Green Power». Режим доступа: <http://www.greenpower.com.ua>.
41. Фирма ООО «Вектор» «ПВЗ-ПС». Режим доступа: <http://press-briket.ru/prod2.html>

42. *Цейтлин Л.И.* Древесно-угольные брикеты. М.: Гослесбумиздат, 1960. 34 с.
43. *Чирков В.Г.* Пиролиз растительной биомассы. Современное состояние и перспективы // Возобновляемая энергия. 2005. № 1. С. 16–18.
44. *Юрьев Ю.Л.* Древесный уголь: справ. Екатеринбург: Сократ, 2007. 184 с.
45. *Ягодин В.И.* Проблемы заготовки и глубокой химической переработки всех элементов биомассы дерева // Изв. СПбЛТА. 1993. С. 220–229.
46. *Bridgewater A.* Towards the «Bio-refinery» fast pyrolysis of biomass // Renewable Energy World. Vol. 4. 2001. N 1 (Jan. Feb.). P. 66–83.
47. *Core W.T.* Химикаты из сельскохозяйственных растительных материалов. Обзор некоторых промышленно важных продуктов пиролиза древесины // Chemso. 1988. Jan. 6, 7, 9; РЖХ. 1988. 15, п. 11.
48. DIN 51749–В. Гриль – древесно-угольные брикеты «В».
49. Pat. 461, USA today. 05. 07. 87. С.1В, 2В. Производство и потребление древесного угля в США для хозяйственных нужд // Promt. 1987. 79, N 11.
50. *Rahman A.N., Agraval D.P.* Брикетирование угольной мелочи с использованием составного связующего на основе крахмала // Chem. Ind. Develop. 1979. T. 13, N 2. С. 11–18.

Поступила 04.10.11

*V.V. Litvinov, V.I. Shirshikov, V.N. Piyalkin*  
St. Petersburg State Forestry Engineering University

#### **Chemistry and Technology of Charcoal Briquetting Processes**

Analytical review of charcoal briquetting processes are presented in the article. Data concerning bounding agents characteristics and a raw material reduction ratio have been systematized. Conclusion on prospectively of reviewed technologies for production of household and industrial charcoal briquettes was performed.

*Key words:* charcoal briquetting, technology of briquetting, bounding agents characteristics, household and industrial charcoal briquettes.

УДК 676.017.3.

**А.С. Смолин, Р.О. Шабиев**

Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров

Смолин Александр Семенович окончил в 1962 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии бумаги и картона С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 130 научных трудов в области изучения процессов бумажно-картонного производства, химии бумаги, использования вторичного волокна.

E-mail: smolin@gturp.spb.ru



Шабиев Руслан Олегович родился в 1985 г., окончил в 2007 г. Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, аспирант и ассистент кафедры технологии бумаги и картона СПбГТУРП. Имеет 5 печатных работ в области исследования электрокинетических свойств и испытания бумаги и картона.

E-mail: ncjob@ya.ru



## **ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДРЕВЕСНОЙ И ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗМОЛА И ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ \***

В результате продолжительного размола и последующего фракционирования обнаружено первоначальное понижение, а затем некоторое повышение электрокинетического потенциала при разной плотности набивки мембраны и концентрации электролита. Выявлена зависимость электрокинетического потенциала от средней длины волокна: чем она выше, тем выше электрокинетический потенциал. Обнаружено снижение содержания карбоксильных групп при размол и фракционировании древесной целлюлозы и незначительное повышение их содержания у фракции 200 меш хлопковой целлюлозы. Приведено авторское видение возможного строения двойного электрического слоя на целлюлозных волокнах.

*Ключевые слова:* целлюлоза, электрокинетический потенциал, размол, фракционирование, двойной электрический слой, карбоксильные группы.

Каждый раз при интерпретации получаемых результатов и зависимостей электрокинетических явлений гидросуспензий растительных волокон приходится сталкиваться с трудностями, связанными с необходимостью рассматривать природу этих явлений исходя только из диссоциации ионногенных групп целлюлозы, хотя образование двойного электрического слоя обусловлено действием не только этого фактора [7]. Например, О.А. Григоров [3]

\* Статья является дополнением и осмыслением материала, опубликованного авторами в «Лесном журнале» [13].

© Смолин А.С., Шабиев Р.О., 2012

прямо указывает, что «...помимо ионных составляющих, в образовании двойного электрического слоя могут участвовать нейтральные молекулы, содержащие электрические диполи. Большая часть молекул содержит такие диполи, наличие которых является главной причиной ориентации молекул на поверхностях; ...благодаря наличию диполей в молекулах одной или обеих соприкасающихся фаз на различных границах раздела разности потенциалов подобного рода существуют...при соприкосновении двух фаз. Такие разности потенциалов были названы Фрейдлихом лиоэлектрическими потенциалами». Можно предположить, что необходимое распределение электронной плотности на поверхности немодифицированной целлюлозы может обеспечиваться за счет всех ее функциональных групп, а не только ионногенных.

Дипольные моменты (по абсолютной величине) основных функциональных групп целлюлозы можно расположить в следующий ряд по их возрастанию:  $-\text{COOH}$  ( $\mu = -2,8 \cdot 10^{-18}$ ) >  $-\text{OH}$  ( $\mu = -1,7 \cdot 10^{-18}$ ) >  $-\text{COON}$  ( $\mu = -0,9 \cdot 10^{-18}$ ). Принимая во внимание высокий дипольный момент гидроксильных групп, их высокое содержание в целлюлозе и зависимость электрокинетического потенциала от гидратации, можно сделать вывод, что присутствие гидроксильных групп и является основной (но не единственной!) причиной образования двойного электрического слоя. В качестве целых зарядов для возникновения разницы потенциалов должны выступать гидратированные ионы металла ( $\text{Me}^+$ ) и их противоионы ( $\Gamma^-$ ). Предлагаемое авторами строение двойного электрического слоя на поверхности целлюлозных волокон представлено на рис. 1. Исходя из этих особенностей, можно предположить, что двойной электрический слой на целлюлозных волокнах имеет сложное строение, обусловленное как поляризацией гидроксильных и других функциональных групп,

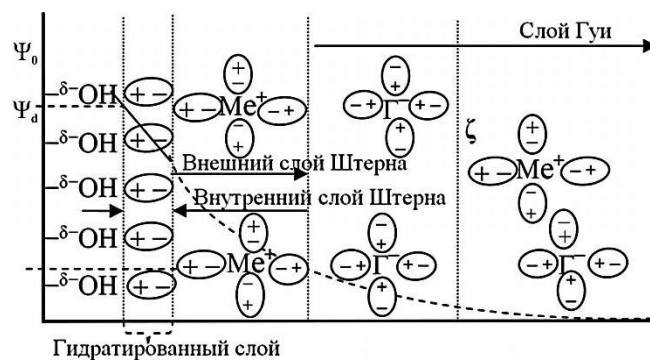


Рис. 1. Строение двойного электрического слоя на немодифицированной поверхности целлюлозных волокон:  $\xi$  – электрокинетический потенциал; (+), (-) – полный положительный или отрицательный заряд;  $\delta$  – частичный отрицательный заряд;  $\text{OH}^-$  – гидроксильные группы;  $\psi_a$  – поверхностный потенциал;  $\psi_0$  – термодинамический потенциал

так и ионизацией карбоксильных или сульфоновых (при их наличии), а также возможной селективной сорбцией гидроксид-ионов, поскольку электрокинетический потенциал целлюлозы, даже с мизерным содержанием ионногенных групп, зависит от pH.

*Экспериментальная часть*

Для исследования использовали древесные и хлопковые волокна – целлюлозу сульфатную беленую листовенную (ЦСФАЛБ) и хлопковый линтер (линтер). Образцы дезинтегрировали и определяли степень помола. Приготовленные препараты хранили не более двух недель в закрытой пластмассовой таре в специальной холодильной камере при постоянной температуре около 6 °С.

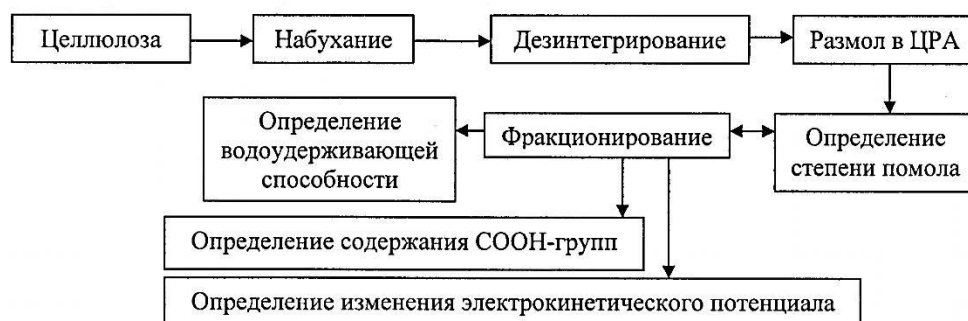


Рис. 2. Схема исследования целлюлозы

Для размала образцов использовали центробежный размалывающий аппарат (ЦРА), соответствующий стандартам DIN 54360-04 и ГОСТ 14363.4. Процедуру определения водоудерживающей способности при ускорении 3000g проводили на основе рекомендаций немецкого союза бумажников. Карбоксильные группы определяли сорбцией метиленового голубого (МГ) при разных pH и обратным алкаиметрическим титрованием по Вильсону, альдегидные группы – сорбцией 3,5,7-трифенилтеразолия (3,5,7-ТФТ), альфа-

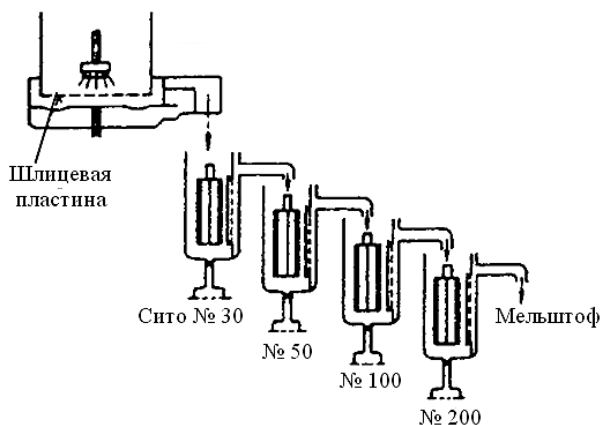


Рис. 3. Схема классификатора Бауера–МакНетта

целлюлозу – по стандартной методике [5, 13]. После размола массу фракционировали на классификаторе Бауера–МакНетта (стандарт TAPPI T233, рис. 3) в ячейках с ситами 30, 50, 100 или 200 меш (по выбору) и определяли среднюю длину волокна с помощью оптической микроскопии при увеличении  $\times 100$  и на анализаторе длины волокна. Параллельно оценивали изменение электрокинетического потенциала  $\xi$ .

Электрокинетический потенциал измеряли методом потенциала протекания на стандартном оборудовании типа Magendans [12] при разной плотности  $\rho$  и проводимости  $X$  мембран. Для исключения влияния поверхностной проводимости измерения проводили при высокой концентрации электролита (0,01 и 0,02 н). Электропроводность регулировали добавлением кристаллического NaCl. В данном методе раствор передвигается под влиянием градиента давления по капиллярам волокнистой диафрагмы, сформированной между электродами измерительной ячейки. На электродах возникает ЭДС, обусловленная разностью потенциалов по обеим сторонам диафрагмы. Вычисление электрокинетического потенциала ( $\xi$ , мВ) производили в автоматическом режиме по модифицированной формуле Гельгольца–Смолуховского:

$$\xi = K(\chi E / \Delta P),$$

где  $K$  – постоянная, включающая табличные данные о физических свойствах воды при температуре 20 °С и учитывающая конструкцию ячейки;

$\chi$  – удельная проводимость, мСм/см;

$E$  – потенциал протекания, мВ;

$\Delta P$  – градиент давления, Па.

#### Результаты и их обсуждение

В исследовании использовали линтер и ЦСФАЛБ марки Gold Birch Z компании «Södra» (по данным из спецификации: средняя длина волокна – 0,91 мм; ширина волокна – 22 мкм; белизна (ИСО) – 89,5 %; экстрактивные вещества (ацетон) – 0,17 %; зола – 0,45%; pH 6,3; степень помола – 17 °ШР. Содержание COOH- и СОН-групп, а также  $\alpha$  – целлюлозы приведено в табл. 1.

Из данных в табл. 1 следует, что, несмотря на колебания результатов определения содержания карбоксильных групп, лиственная целлюлоза содержит большее их количество по сравнению с хлопковой, что связано с содержанием гемицеллюлоз, в частности глюкуронооксиана. Основными источни-

Таблица 1

**Химический состав целлюлозных препаратов**

Препарат	COOH-группы, определенные			СОН-группы, определенные сорбцией 3,5,7-ТФТ	$\alpha$ -Целлюлоза, %
	алкалиметрическим методом	сорбцией МГ			
		pH 7,0	pH 8,5		
ЦСФАЛБ	29,4	39,7	42,0*	17,6	80,9
Линтер	6,5	5,9	4,4 **	20,0	96,2

\* 100 меш.

\*\* 200 меш.



ками карбоксильных групп в древесной целлюлозе выступают глюкуроновые и галактуроновые кислоты, несравнимо меньшая доля ионногенных кислотных групп приходится на окисленный лигнин и природное содержание самой целлюлозы [11].

*Изучение водоудерживающей способности.* Для оценки разработки поверхности и содержания доступных гидроксильных групп определена водоудерживающая способность: линтер (100 меш) – 64 %; ЦСФАЛБ (50 меш) – 90 %; ЦСФАЛБ (100 меш) – 92 %. Полученные результаты по-казывают, что хлопковая целлюлоза имеет значительно меньшую водоудерживающую способность по сравнению с древесной. Увеличение средней длины волокна в результате фракционирования вызывает снижение этого показателя из-за разницы в степени фибрилляции и удельной поверхности в зависимости от фракции. Поскольку величина водоудерживающей способности соответствует содержанию аморфной, наиболее доступной части надмолекулярной структуры целлюлозы, то можно заключить, что хлопковая целлюлоза менее доступна химическим вспомогательным веществам, чем древесная, а с увеличением длины волокна доступность снижается.

*Средняя длина волокна.* Продолжительное механическое воздействие размольной гарнитуры ЦРА вызывает фибрилляцию вторичной стенки  $S_2$  и увеличивает содержание волокнистой мелочи, снижая длину и увеличивая ширину волокна. Ранее уже отмечалось [8], что электрокинетический потенциал волокнистой мелочи и самого волокна (длинная фракция) различаются, что может быть связано с различием удельной поверхности, а также влиянием на условия проведения измерений (например, различие в структуре целлюлозных мембран). С помощью фракционирования от волокна отделяли волокнистую мелочь. Длину волокна оценивали по результатам микроскопических исследований и на анализаторе волокна. Поскольку измеряли длину фракционированной массы, то можно считать, что этот показатель является средне-взвешенной величиной.

В табл. 2 приведены данные изменения длины волокон линтера и двух фракций ЦСФАЛБ. Длина волокна листовенной целлюлозы по фракциям близка к значениям, полученным ранее при фракционировании в классификаторе Бауера–МакНетта [9]. За 200 мин размола значительно снижается средняя длина хлопковой целлюлозы (от 1,69 до 0,35 мм) за счет рубки еще на первом этапе размола и сохраняется в дальнейшем на одном уровне, хотя из-за сильного изменения поперечных размеров воло́кна стали терять свою форму. После размола и фракционирования средняя длина листовенной целлюлозы изменилась незначительно (от 0,98 до 0,81 мм), при том длина волокон фракции, задержавшейся на сетке 50 меш, больше, чем на сетке 100 меш. Таким образом, можно предположить, что волокна листовенной целлюлозы уже через 100 мин размола в ЦРА переходят в высокофибриллированное состояние, а волокна линтера начинают фибриллироваться только после укорачивания.

Таблица 2

## Влияние продолжительности размола на длину (мм) целлюлозных волокон

Препарат	Фракция, меш	Продолжительность размола, мин	Длина волокон, определенная	
			оптическим микроскопом*	анализатором волокна**
Линтер				
Полуфабрикат после дезинтегрирования Размолотая масса	100	–	1,48 (0,48...3,50)	1,69
		200	0,33 (0,16...0,52)	
	200	150	0,31	0,35
		200	0,30	0,35
ЦСФАЛБ				
Товарный продукт Неразмолотая масса	100	–	–	0,91
		–	0,99 (0,60...1,60)	0,98
Размолотая масса	50	–	1,18	–
		100	1,11 (0,60...1,60)	–
	100	150	1,10 (0,60...1,52)	–
		200	1,06 (0,50...1,35)	–
		100	100	0,86 (0,45...1,34)
	100	150	0,81 (0,48...1,35)	0,88
		200	0,81 (0,40...1,17)	0,82

\* В скобках указаны min и max значения длины волокна.

\*\* Средневзвешенная длина волокна.

*Влияние продолжительности размола на содержание карбоксильных групп.* В процессе размола происходит снижение содержания карбоксильных групп во фракционированных препаратах лиственной целлюлозы (рис. 4). Можно предположить, что такое явление вызвано удалением уходящих вместе с мелочью при фракционировании нецеллюлозных компонентов клеточной стенки и разрушением ее наружных слоев, которые имеют повышенное

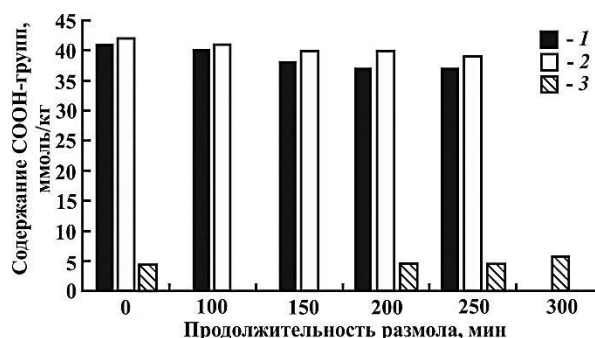


Рис. 4. Влияние продолжительности размола на содержание карбоксильных групп у разных видов фракционированных целлюлозных волокон: 1, 2 – ЦСФАЛБ, 50 и 100 меш; 3 – линтер, 200 меш

содержание гемицеллюлоз. Например, волокнистая мелочь содержит больше гемицеллюлозы и лигнина – основных носителей кислотных ионногенных групп [12]. Наоборот, содержание карбоксильных групп волокон хлопковой целлюлозы незначительно повышается при размоле, что можно объяснить окислением макромолекул кислородом воздуха. В литературе указывается [1] на присутствие окислительной деструкции при длительном и интенсивном размоле целлюлозы. В отсутствие легкоокисляемых гемицеллюлоз реакция окисления кислородом воздуха может интенсифицироваться. Содержание карбоксильных групп определяли колориметрически сорбцией МГ по Филиппу.

*Влияние фракционирования на электрокинетический потенциал.*

Влияние длины волокна на электрокинетический потенциал ( $\xi$ ) изучали на примере нефракционированной и фракционированной (фракции 50 и 100 меш) лиственной целлюлозы. Приведенные в табл. 3 результаты показывают, что отрицательность мембраны возрастает с увеличением средней длины волокна по фракциям независимо от плотности набивки ( $\rho$ ) мембраны. При одинаковой плотности тенденция сохраняется, но разница заметно сокращается. Снижение показателя при повышении  $\rho$  можно объяснить структурными особенностями мембран и возрастанием влияния поверхностной проводимости. Возрастание электрокинетического потенциала с ростом длины волокна можно объяснить большей гидратацией волокон меньшей длины.

*Влияние времени размолла на электрокинетический потенциал.*

Зависимость электрокинетического потенциала от продолжительности размолла в ЦРА фракционированной целлюлозы, показаны на рис. 5, из которого следует, что с увеличением времени размолла отрицательность мембраны снижается, а затем стабилизируется и даже несколько возрастает. Представленные зависимости, исходя из формы графика и степени помола, можно разделить на два участка: *i* – степень помола и разработка волокон соответствуют технологическим условиям при выработке массовых видов бумаги; *ii* – участок продолжительного размолла, на котором степень помола и

Таблица 3

**Изменение электрокинетического потенциала (по Magendans) в зависимости от длины волокна ЦСФАЛБ (~0,002 н NaCl) и плотности набивки мембраны**

Фракция, меш	Средняя длина волокна, мм	Электрокинетический потенциал, мВ	Плотность набивки мембраны, г/см <sup>3</sup>
100	0,98	-45,4±0,2	0,2
		-52,6±0,7	<0,2
50	~1,18	-45,8±0,2	0,2
		-57,4±0,8	<0,2
Нефракционированная масса	0,91	-50,2±0,6	<0,2

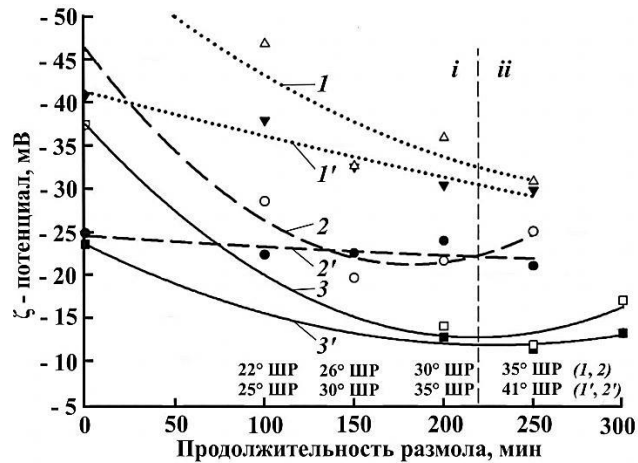


Рис. 5. Изменение электрокинетического потенциала (по Magendans) в зависимости от продолжительности размола фракционированной целлюлозы: 1, 1' — ЦСФАЛБ (0,01 н NaCl); 2, 2' — ЦСФАЛБ (0,01 н NaCl); 3, 3' — линтер (0,02 н NaCl); 1, 2 — 50 меш; 1', 2' — 100 меш; 3, 3' — 200 меш; 1, 1', 3 —  $\rho < 0,2$  г/см<sup>3</sup>; 2, 2', 3' —  $\rho = 0,2$  г/см<sup>3</sup>

разработка волокон выше, чем при выработке массовых видов бумаги. Последний интересен, прежде всего, с фундаментальной точки зрения. Очевидно, что увеличение степени дисперсности гидросuspензии, снижение средней длины и скорости водоотдачи связаны с происходящей в процессе размола фибрилляцией и разрывом водородных связей между целлюлозными микрофибриллами. Расширение гидратационного слоя вызывает перемещение границы скольжения в глубь диффузионного слоя, что вызывает снижение электрокинетического потенциала, а следовательно, и отрицательности мембраны.

Интересной представляется тенденция изменения электрокинетического потенциала при длительном размоле. Вне зависимости от увеличения плотности мембраны и повышения общей проводимости раствора происходит снижение  $\xi$ . Такое поведение мембран нельзя объяснить лишь недостатком учета их структурных свойств и роли поверхностной проводимости. Более того, в настоящее время невозможно с высокой точностью оценивать поверхностную проводимость на набухающих мембранах [4]. Стоит отметить, что в данном исследовании поверхностная проводимость регулировалась изменением плотности набивки мембраны и повышением общей проводимости фильтрата. Осложняет интерпретацию и то, что с увеличением продолжительности размола после фракционирования снижается содержание ионногенных кислотных групп в лиственной целлюлозе (см. рис. 4). Почти все авторы, которые занимались изучением электрокинетических явлений целлю-

лозных гидросуспензий, отмечали схожую тенденцию снижения электрокинетического потенциала на первом этапе размола, не проводя измерений при продолжительном воздействии [2, 10 и др.], т. е. выше 80 °ШР. Следовательно, они не могли фиксировать повышение  $\xi$ .

Исходя из этих представлений, изменение отрицательности мембраны под действием размола, скорее всего, определяется двумя параллельно протекающими и конкурирующими процессами: увеличением гидратации, а следовательно, снижением отрицательности потенциала (участок *i*) и ростом содержания поверхностных гидроксильных групп, что приводит к увеличению поверхностного заряда, а вслед за ним и к увеличению отрицательности электрокинетического потенциала (участок *ii*).

Таким образом, наблюдается снижение содержания карбоксильных групп при размоле и последующем фракционировании лиственной целлюлозы и увеличение этого показателя у линтера. При размоле электрокинетический потенциал снижается на первом его этапе и незначительно повышается при продолжительном воздействии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: учеб. для вузов. СПб. : СПбЛТА, 1999. 628 с.
2. Видова М., Янчиак Д., Вида М. Изучение дзета-потенциала целлюлозных волокон и влияние на него физических и химических факторов : сб. тр. / ХТФ Словацкого техн. ун-та. Братислава, 1976. С. 327–330.
3. Григоров О.Н. Электрокинетические явления: курс лекций. Л. : Изд-во ЛГУ, 1973. 200 с.
4. Духин С.С. Электропроводность и электрокинетические свойства дисперсионных систем. К. : Наук. думка, 1975. 246 с.
5. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы : учеб. пособие для вузов. М. : Экология, 1991. 320 с.
6. Смолин А.С., Шабиев Р.О. Комплексные исследования электроповерхностных явлений в гидросуспензиях растительных волокон // Лесн. журн. 2011. № 6. С. 124–133. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Юрьев В.И. Поверхностные электрохимические свойства древесной целлюлозы и других целлюлозных материалов // Химия древесины и целлюлозы / Под общ. ред. Н.И. Никитина. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 708 с.
8. Frankle W.E., Sheridan J.L., Arno J.N. Zeta-potential and its application to filler retention // TAPPI j. 1974. 57 (12). P. 97–100.
9. Gooding R.W., Olson J.A. Fractionation in a Bauer–McNett classifier // J. Pulp Paper Sci. 2001. 27 (12). P. 423–427.
10. Jaycock M.J., Pearson J.L. Colloidal aspects of paper formation // Svensk Pappers. 1975. 5. P. 167–171.
11. Papermaking science and technology B. 4. // Papermaking chemistry / L. Neimo (book ed.): Gullichsen J. (series ed.), Paulapuro H. (series ed.). 1999. Jyväskylä : Fapet, 1999.

12. Pat. PCT № WO 2007/045481 A2. A system and method for the determination of an electrical characteristic of a liquid / Magendans N. – 2007. 32 p.

13. *Stumm K.R.* Untersuchungen zum chemischen Wasserrückhaltevermögen und zur Trocknungsfähigkeit von Papierstoffen unter besonderer Berücksichtigung der Rolle von chemischen Additiven. Dissertation Dr.-Ing. Darmstadt, 2007. 177 s.

Поступила 28.06.11

*A.S. Smolin, P.O. Shabiyev*

St. Petersburg State Technological University of Plant Polymers

### **Variation of Wood and Cotton Pulp Electrokinetic Potential Under Refining and Fractionating**

Initial decrease of electrokinetic potential followed by certain increase of the latter as a result of long-continued refining and subsequent fractioning under the different of membrane packing and electrolyte concentration has found. The dependence of the electrokinetic potential from the average fiber length was found. It was shown that fibers longer length, have the higher the electro kinetic potential. Reduction of carboxyl groups content during refining and fractioning of wood pulp and a slight increasing its in the fraction of 200 mesh cotton pulp was found. Author's vision of the possible structure of the electric double layer on the pulp fibers has presented.

*Key words:* pulp, electrokinetic potential, refining, fractioning, double electrical layer, carboxyl groups.

---

УДК 674.815-41

**В.В. Васильев<sup>1</sup>, В.В. Быстрова<sup>1</sup>, И.В. Розенкова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>С.-Петербургский государственный лесотехнический университет

<sup>2</sup>Российский государственный гидрометеорологический университет

Васильев Виктор Владимирович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры технологии древесных композиционных материалов С.-Петербургского государственного лесотехнического университета. Имеет более 110 печатных работ в области технологии производства древесных плит и связующих веществ.

E-mail: victorvasil@mail.ru



Быстрова Виктория Викторовна окончила в 2008 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, магистр, инженер кафедры технологии древесных композиционных материалов СПбГЛТУ. Имеет 3 печатные работы в области технологии производства древесных плит и связующих веществ.

E-mail: bistrovavika@mail.ru



Розенкова Ирина Валентиновна окончила в 1983 г. Ленинградский государственный университет, кандидат химических наук, генеральный директор ООО «НЕО+», доцент кафедры химии природной среды Российского государственного гидрометеорологического университета. Имеет 25 печатных работ в области физической химии растворов, ионного обмена и в области разработки новых композиционных материалов на основе полиорганосилоксанов.

E-mail: sIVRozenkova@mail.ru



## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ГИДРОФОБИЗАТОРОВ ДЛЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ**

Изучены физико-химические свойства гидрофобизаторов на основе полиорганосилоксанов и их влияние на процесс отверждения карбамидоформальдегидной смолы и прочность клеевых соединений древесины. Показано, что для производства древесностружечных плит наиболее перспективны составы, несмешивающиеся с водой.

*Ключевые слова:* гидрофобизатор, полиорганосилоксаны, древесностружечные плиты, карбамидоформальдегидное связующее, вязкость, смачиваемость, клеевое соединение.

В период кризиса часть российских предприятий по производству древесностружечных плит (ДСП) сумела сохранить финансовую устойчивость за счет расширения номенклатуры выпускаемой продукции. Путем небольшой модернизации существующего оборудования они организовали изготовление ДСП повышенной водостойкости. Плиты этого класса применяются в

© Васильев В.В., Быстрова В.В., Розенкова И.В., 2012

строительстве (подоконники, погонаж, обшивка панелей деревянных домов и др.) и при изготовлении специальной мебели (кухонная, лабораторная, для ванных комнат).

В качестве гидрофобного вещества в производстве ДСП используется парафин. Водостойкие свойства его характеризуются высоким краевым углом смачивания по отношению к воде –  $106,5^\circ$  для чистого парафина [12]. Расход этого гидрофобизатора в зависимости от марки производимой плиты составляет 0,6 ... 1,2 % от массы стружки [6]. Его наносят на сухие древесные частицы в виде водной дисперсии парафина (концентрация 60 %, температура около 20 °С). Необходимо отметить, что парафин в ней находится в твердом состоянии, поэтому правильно называть такую систему «суспензия», принятое в промышленности название «эмульсия» ошибочно.

Применение парафиновой дисперсии имеет недостатки. Так, присутствие в ее составе значительного количества воды приводит к увлажнению стружечно-клеевой смеси, что увеличивает время прессования ДСП. Хранение и транспортировка дисперсии должны производиться при температуре от 5 до 30 °С [4], т.е. в зимний период для этих целей требуются специально оборудованные помещения и транспорт.

Парафин можно использовать не только в качестве гидрофобизатора, но и как модификатор древесной стружки для сокращения расхода смолы [1]. Для этого необходимо понизить впитывающую способность древесины путем покрытия ее поверхности гидрофобным веществом.

При нанесении парафиновой дисперсии на сухую стружку частицы парафина не впитываются в древесину, так как находятся в твердом состоянии. Модификацию осуществляют нанесением дисперсии на влажную стружку с последующей сушкой обработанных древесных частиц при температуре выше температуры плавления парафина [4].

Реализация технологии обработки сырой стружки гидрофобными веществами позволяет сократить расход смолы на 10...15 %, что экономически выгодно [1]. Однако это требует установки дополнительного оборудования для хранения, дозирования и нанесения парафиновой дисперсии перед сушкой стружки в неотапливаемых помещениях цеха ДСП. Это в свою очередь значительно увеличивает дополнительные затраты. Кроме того, современные технологические схемы производства плит, предусматривающие удаление сухой мелкой стружки (фракция (0,8...1,0)/0 мм) из потока, приводят к неоправданным потерям модифицирующей добавки.

Таким образом, перспективным направлением развития технологии ДСП повышенной водостойкости является разработка новых видов гидрофобизаторов, которые, помимо основной водоотталкивающей функции, способны при нанесении модифицировать поверхность сухих древесных частиц и сокращать расход смолы.

Для нанесения гидрофобизаторов нового поколения на сухую стружку удобно было бы использовать уже существующее оборудование, т.е. установ-



ки пневматического распыления парафиновой дисперсии. Для получения аэрозоля с оптимальным диаметром частиц 10...12 мкм [11] жидкость, которую подают в форсунку, должна обладать невысокой вязкостью – до 35 с по вискозиметру ВЗ-4 [5].

Хорошими гидрофобными свойствами обладают кремнийорганические полимеры, в частности полиорганосилоксаны, имеющие связи Si-O-Si. В зависимости от степени полимеризации и характера радикалов силоксаны представляют собой жидкости, либо каучукоподобные или твердые вещества, растворимые в органических растворителях [2].

Кремнийорганические соединения применяют для повышения водостойкости и уменьшения смачиваемости поверхности изделий из бетона, металла и древесины, с этой же целью ими пропитывают различные ткани. Защитная пленка образуется в результате взаимодействия активных групп полиорганосилоксанов с гидроксильными группами, входящими в состав обрабатываемого материала, или с водой, адсорбированной на его поверхности. Гидрофобность защитной пленки обусловлена наличием органического радикала, связанного с кремнием, и определенной ориентацией кремнийорганических молекул в пленке. При этом органический радикал ориентирован в сторону окружающей среды, а кремний и кислород, т.е. силоксановая связь, – к поверхности обрабатываемого материала [9]. Кремнийорганические жидкости хорошо совместимы с другими соединениями, что дает возможность регулировать свойства жидкостей или придавать древесине специальные свойства, например биостойкость [8].

Использование кремнийорганических жидкостей известных марок (ГКЖ-11, КЖ 115-262 и др.) для пропитки готовых ДСП показало их неэффективность [10]. При поглощении реагентов от 2 до 81 % от массы плит водопоглощение за 24 ч пропитанных ДСП осталось на уровне или несколько увеличилось по сравнению с необработанной плитой. Только при пропитке плиты 30 %-м водно-спиртовым раствором метилсиликоната натрия (ГКЖ-11) водопоглощение снизилось от 54 до 41 %, что нельзя признать эффективным при уровне поглощения гидрофобизатора 12 %.

Осуществлять гидрофобизацию ДСП методом пропитки кремнийорганическими жидкостями нерационально по нескольким причинам. В промышленности отсутствуют поточные линии для осуществления операции пропитки полноформатных ДСП. Плиту после пропитки необходимо дополнительно сушить для удаления растворителя и шлифовать, так как при контакте ДСП с жидкостью плита интенсивно набухает по толщине. При пропитке происходит поглощение гидрофобизатора в значительных, экономически невыгодных количествах, причем при кратковременной пропитке модифицирующее вещество располагается преимущественно в поверхностных слоях плиты. Более рациональным является равномерное распределение гидрофобизатора по поверхности древесных частиц на этапе приготовления стружечно-клеевой смеси.

Новое поколение гидрофобизаторов на основе полиорганосилоксанов производит в промышленном масштабе ООО «НЕО+» (г. Санкт-Петербург). Разработанные им композиции содержат добавки целевого назначения в зависимости от вида обрабатываемого материала. Гидрофобизаторы применяют для поверхностной обработки массивной древесины и вводят в состав гипсовых строительных смесей с целью повысить водостойкость изделий на их основе.

В табл. 1 приведены показатели физико-химических свойств гидрофобизаторов ООО «НЕО+» на основе трех групп полиорганосилоксанов: не смешивающихся с водой (НД-1), водорастворимых (НД-В) и органикорастворимых, состоящих из двух растворов (НД-1-4к). Каждая группа представлена тремя марками.

Массовую долю сухого остатка гидрофобизаторов определяли по ГОСТ 14231–88, весовым способом с высушиванием в сушильном шкафу при температуре 105 °С; условную вязкость – по ГОСТ 8420–74, используя вискозиметр ВЗ-246 с соплом диаметром 4 мм.

Таблица 1

**Показатели физико-химических свойств гидрофобизаторов групп НД-1, НД-В и НД-1-4к**

Показатель	Значение показателя гидрофобизатора марки								
	НД-1	НД-1-2	НД-1-3	НД-В-1	НД-В-2	НД-В-3	НД-1-4к-1	НД-1-4к-2	НД-1-4к-3
Внешний вид, запах	Прозрачный бесцветный раствор, без запаха			Прозрачный бесцветный раствор, без запаха			Прозрачный бесцветный раствор, сильный запах		
Массовая доля сухого остатка, %	98,5	98,5	92,2	3,9	4,4	35,8	29,1	28,2	41,5
Условная вязкость при (20,0±0,5)°С по ВЗ-246, с	14,5	14,1	13,9	11,2	11,0	11,4	13,8	14,3	16,2
pH	6,4	6,4	6,0	11,5	11,5	11,5	–	–	–
Смешиваемость гидрофобизатора с водой при (20±1) °С в соотношении по объему 1:2	Не смешивается, расслаивается на две жидкости			Полная смешиваемость			Не смешивается, расслаивается на две жидкости		
Краевой угол смачивания воды на поверхности гидрофобизатора, град.	78,6	85,7	81,5	–	–	–	91,5	87,1	74,5
Время желатинизации КФС с 10 % гидрофобизатора при 100 °С, с	54,1	53,0	54,8	65,5	64,1	134,0	55,7	56,0	56,7

Прямое определение рН проведено только для водорастворимых гидрофобизаторов группы НД-В. Концентрацию водородных ионов остальных растворов определяли по их водной вытяжке. Для ее приготовления в одноразовый стакан брали навеску гидрофобизатора в количестве 20 г и добавляли 80 г дистиллированной воды, перемешивали с помощью магнитной мешалки 10...15 мин, отфильтровывали полученную взвесь через бумажный фильтр «синяя лента», предварительно смоченный дистиллированной водой и измеряли рН в профильтрованном растворе. рН полиорганосилоксанов группы НД-1-4к определить не удалось. При смешивании с водой и последующей фильтрации смеси, как это предусмотрено методикой исследования, происходило отверждение композиции или выпадение творожистого осадка.

При определении смешиваемости гидрофобизатора с водой в стеклянный цилиндр наливали 10 мл испытуемого вещества и, перемешивая, постепенно добавляли 20 мл дистиллированной воды температурой  $(20 \pm 1)$  °С. Смесь встряхивали, цилиндр устанавливали на столе и в течение 5 мин наблюдали, фиксируя образование расслоения или осадка.

Для нахождения краевого угла смачивания воды по отношению к гидрофобизаторам использовали стеклянную пластину, на поверхность которой сначала наносили тонким слоем гидрофобизатор, а затем каплю дистиллированной воды объемом 0,03 мл. Размеры капли измеряли с помощью микроскопа марки МБС-2 и катетометра Гартнера модели 3806 [7]. Для гидрофобизаторов на основе водорастворимых полиорганосилоксанов группы НД-В краевой угол смачивания не удалось определить, так как после нанесения капля воды растворялась в пленке гидрофобизатора. Для сравнения в аналогичных условиях определяли поверхностное взаимодействие парафина марки Т с водой. Для этого стеклянную пластину нагревали до температуры 80...90 °С, наносили на нее твердый парафин, давали ему расплавиться, распределяли расплав стеклянной палочкой равномерно по поверхности стекла и охлаждали пластину до 20 °С. Затем на поверхность твердого парафина аналогично наносили каплю дистиллированной воды объемом 0,03 мл и измеряли ее размеры. Краевой угол смачивания воды на поверхности твердого парафина марки Т составил 99,1°.

При изучении процесса отверждения карбамидных связующих и для изготовления клеевых швов древесины применяли карбомидоформальдегидную смолу (КФС) марки КФ-К-МТ-20 производства ООО «Шекснинский комбинат древесных плит» (ТУ 2223-006-00206492-97). Смола имела следующие характеристики: массовая доля сухого остатка – 67,9 %, условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 – 57,8 с; рН 7,7.

Определение времени желатинизации связующего при 100 °С проводили на кипящей водяной бане по ГОСТ 14231-88. Содержание гидрофобизаторов – 10 % от массы абс. сухой смолы, что соответствует реальному соотношению расходов гидрофобных добавок (парафин) и смолы в производстве ДСП. Содержание абс. сухого отвердителя (хлорид аммония) – 1 % от массы

абс. сухой смолы. Отвердитель применяли в виде 20 %-го раствора. Время желатинизации КФС без добавок гидрофобизаторов составило 47,4 с.

Прочность клеевых соединений изучали, последовательно нанося на древесину гидрофобизатор и связующее в такой же пропорции, как при отверждении смолы. В качестве модели древесины использовали полоски березовой трехслойной фанеры размером 100×20×3 мм.

На площадки склеивания размером 15×20 мм, расположенные на краю полосок фанеры, наносили методом распыления гидрофобизатор из расчета 0,5 г/м<sup>2</sup>, а затем связующее из расчета 5,0 г/м<sup>2</sup>. В качестве связующего использовали КФС с отвердителем – сухим хлоридом аммония (1,5 % от массы сухой смолы). Концентрация раствора отвердителя 20 %. После нанесения связующего полоски фанеры соединяли внахлест по площадкам склеивания. Образцы прессовали в течение 5,5 мин при температуре 120 °С и удельном давлении 2 МПа. После кондиционирования в комнатных условиях в течение 24 ч определяли прочность клеевых соединений при сдвиге.

Все испытанные гидрофобизаторы можно наносить на древесные частицы методом пневматического распыления, так как они имеют невысокую (менее 35 с) условную вязкость. Щелочной характер исследованных составов приводит к замедлению скорости отверждения КФС. Минимальное воздействие на этот процесс оказывают добавки группы НД-1, при введении 10 % которых время желатинизации смолы увеличивается от 47,4 до 53,0...54,8 с.

Добавки групп НД-В и НД-1-4к имеют невысокий сухой остаток – от 3,9 до 41,5 %, т.е. можно ожидать, что при горячем прессовании плит основное их количество улетучится и в дальнейшем они не смогут выполнять свое назначение. Гидрофобизаторы группы НД-1-4к имеют резкий запах, что свидетельствует о присутствии в них летучих веществ, способных иметь ограничения по ПДК в воздухе производственных помещений.

Краевой угол смачивания воды на поверхности пленки несмешивающихся с водой и органикорастворимых составов находится в диапазоне от 74,5 до 91,5°. Такие значения показателя характеризуют их довольно высокую гидрофобную способность, хотя и несколько меньшую по сравнению с парафином марки Т, краевой угол смачивания которого 99,1°.

Наиболее перспективными являются композиции группы НД-1. Они обладают значительным гидрофобным эффектом, имеют высокий сухой остаток, оказывают минимальное воздействие на замедление процесса от-

Таблица 2

<b>Прочность клеевых соединений древесины, обработанной гидрофобизаторами группы НД-1</b>	
Марка гидрофобизатора	Прочность при сдвиге, МПа
НД-1	3,91
НД-1-2	3,86
НД-1-3	4,03
Контроль (без гидрофобизатора)	3,54

верждения карбамидной смолы, могут наноситься на древесные частицы методом пневматического распыления, как это принято в промышленности.

Обработка поверхности древесины кремнийорганическими соединениями группы НД-1 способствует повышению прочности клеевых соединений на 9,0...16,1 % (табл. 2). Можно предположить, что это связано с уменьшением впитываемости связующего модифицированной древесиной.

#### *Выводы*

1. Исследования показали, что в качестве гидрофобизаторов для изготовления древесных плит наиболее перспективными являются несмешивающиеся с водой составы группы НД-1.

2. Кроме основной водоотталкивающей функции, гидрофобизаторы НД-1 выполняют роль модификаторов поверхности древесины для повышения прочности клеевого соединения, вероятно, в результате снижения впитывания ею связующего. На основании этого эффекта можно ожидать сокращения расхода смолы при изготовлении ДСП.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В.В., Веснина Е.Н. Сокращение расхода карбамидоформальдегидной смолы при изготовлении древесностружечных плит повышенной водостойкости // Деревообраб. пром-сть. 2009. № 3. С. 11 – 14.
2. Воронков М.Г., Малетина Е.А., Роман В.К. Гетеросилоксаны. Новосибирск: Наука, 1984. 269 с.
3. Гаврилюк С.Ф., Галкин П.В. Гидрофобизация древесных плит парафиновой эмульсией «Эрговакс 60» // Древесные плиты: теория и практика: материалы 12-й междунар. науч.-практ. конф., 18–19 марта 2009 г. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. С. 78–79.
4. Ищенко С.А., Кондратьева Е.В., Васильев В.В. ДСП повышенной водостойкости с парафиновой эмульсией Mobilser 138 // Древесные плиты: теория и практика: материалы 6-й науч.-практ. конф., 19–20 марта 2003 г. СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2003. С. 33–34.
5. Кряков М.В., Гулин В.С., Берелин А.В. Современное производство мебели. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 264 с.
6. Леонович А.А. Новые древесноплитные материалы. СПб.: Химиздат, 2008. 160 с.
7. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: справ. / А.А. Абрамзон [и др.]; под ред. А.А. Абрамзона и Е.Д. Щукина. Л.: Химия, 1984. 392 с.
8. Покровская Е.Н. Получение гидрофобных биостойких материалов при поверхностной модификации древесины // Лесн. журн. 2008. № 3. С. 91 – 96. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Рейбман А.И. Защитные лакокрасочные покрытия. Изд. 5-е, перераб. и доп. Л.: Химия, 1982. 320 с.
10. Семенов В.В. Гидрофобизация древесностружечных и древесноволокнистых плит кремнийорганическими мономерами и жидкостями // Химия растительного сырья. 2009. № 4. С. 177–181.

11. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесностружечных плит. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1987. 320 с.

12. Эльберт А.А. Химическая технология древесностружечных плит. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 224 с.

Поступила 11.01.11

*V.V. Vasilyev<sup>1</sup>, V.V. Bystrova<sup>1</sup>, I.V. Rozenkova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forestry Engineering University

<sup>2</sup>Russian State Hydrometeorological University

### **Study of Organosilicon Hydrophobisators Properties for Wood Board**

Physicochemical properties of polyorganosiloxane-based hydrophobisators and their effect on the curing process of urea-formaldehyde resin and strength of adhesion bonds of wood has been studied. Availability of the water-immiscible compounds for wood chipboard production was shown.

*Key words:* hydrophobisator, polyorganosiloxanes, wood chipboard, urea-formaldehyde binding agent, viscosity, wettability, adhesive bonding.

УДК 676.012

**Л.М. Бойков<sup>1</sup>, Н.С. Нечаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров

<sup>2</sup>Фирма «Спиракс-Сарко инжиниринг»

Бойков Лев Михайлович родился в 1938 г., окончил в 1961 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, доктор технических наук, профессор кафедры промышленной теплоэнергетики СПбГТУРП. Имеет более 120 трудов в области промышленной теплоэнергетики в целлюлозно-бумажном производстве.

E-mail: lev-boykov@mail.ru

Нечаев Николай Сергеевич родился в 1969 г., окончил в 1991 г. Военный инженерно-космический институт им. А.Ф. Можайского, руководитель направления в фирме «Спиракс-Сарко инжиниринг». Имеет около 20 печатных работ в области промышленной теплоэнергетики в целлюлозно-бумажном производстве.



## **ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН**

Приведены основные показатели эффективности работы сушильных установок бумаго- и картоноделательных машин (БДМ и КДМ). Сформулированы причины снижения производительности и перерасхода теплоты в процессе сушки бумаги и картона на действующих БДМ и КДМ. Предложены пути повышения эффективности их работы.

*Ключевые слова:* эффективность сушки, сушильные установки, бумагоделательные машины, картоноделательные машины, пароконденсатная система, производительность машины, удельный расход теплоты на сушку бумаги или картона, интенсивность сушки.

В настоящее время при расчете современных контактных сушильных установок широко используется методика определения зависимости производительности бумаго- и картоноделательных машин (БДМ и КДМ) от активной поверхности сушильных цилиндров [2, 7–9].

Повышение эффективности работы сушильной части БДМ и КДМ во многом определяется тепловым расчетом контактно-конвективных сушильных установок.

Рассмотрим приближенное уравнение теплопередачи при контактной сушке с учетом нестационарности процесса:

для периода прогрева полотна  
$$q_1 = K(t_{н.п} - t_{пр});$$

для первого периода сушки  
$$q_1 = K(t_{н.п} - t_{п1});$$

© Бойков Л.М., Нечаев Н.С., 2012

для второго периода сушки

$$q_2 = q_1 Z m_r,$$

где  $q$  – удельный тепловой поток на активной поверхности цилиндров;

$K$  – приведенный коэффициент теплопередачи;

$t_{н.п}$  – температура насыщенного пара при данном давлении;

$t_{пр}$  – средняя температура полотна в период прогрева;

$t_{п1}$  – температура полотна в первом периоде сушки;

$Z$  – среднеинтегральный коэффициент сушки;

$m_r$  – коэффициент, учитывающий относительную теплоту прогрева во втором периоде сушки.

Приведенный коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1-a}{\varphi_{ц}} \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta_c/\lambda_c + (1-a)/(\varphi_{ц}\alpha_2)},$$

где  $a$  – доля теплоты, отданной боковой поверхностью цилиндра воздуху;

$\varphi_{ц}$  – доля обхвата цилиндра полотном;

$\alpha_1$  – коэффициент теплообмена при конденсации пара на внутренней поверхности цилиндра;

$\delta_c, \lambda_c$  – толщина и коэффициент теплопроводности стенки цилиндра;

$\alpha_2$  – коэффициент контактного теплообмена между нагретой стенкой цилиндра и влажным полотном.

Среднеинтегральный коэффициент сушки рассчитывается по уравнению [7–9]

$$Z = \frac{(U_k - U_2)(1-m)}{U_k - U_k^m U_2^{1-m}},$$

где  $U_k$  – критическое влагосодержание высушиваемого материала;

$U_2$  – конечное влагосодержание полотна;

$m$  – показатель степени, установленный опытным путем.

Исследования [2, 5–9] показали, что максимальные значения коэффициента теплообмена  $\alpha_1$  при конденсации пара в цилиндрах тихо- и среднеходных машин находятся в пределах 3500...4000 Вт/(м<sup>2</sup>·°С), быстроходных (при скорости > 400 м/мин) – 2500...3500 Вт/(м<sup>2</sup>·°С). Коэффициент контактного теплообмена  $\alpha_2$  зависит от прижатия полотна к поверхности цилиндра и составляет 400...600 Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Средний расход пара в одном цилиндре группы прогрева ( $d_{пр}^{P_3}$ , кг/ч) вычисляется по уравнению

$$d_{пр}^{P_3} = \frac{K(t_{н.п}^{P_3} - t_{пр})h_{а.ц}}{(i_{п}^{P_3} - i_{кнд}^{P_3})\eta_3},$$

где  $h_{а.ц}$  – активная поверхность цилиндра;

$i_{п}^{P_3}, i_{кнд}^{P_3}$  – энтальпия пара и конденсата при давлении  $P_3$ ;

$\eta_3$  – коэффициент сохранения теплоты в группе цилиндров.



Активная поверхность цилиндра определяется из уравнения

$$h_{a,ц} = \pi D_{ц} b_{п} \varphi_{ц},$$

где  $D_{ц}$  – диаметр цилиндра;

$b_{п}$  – ширина полотна.

Расход пара в одном цилиндре первого периода во второй паровой группе находится из уравнения

$$d_1^{P_2} = \frac{K(t_{н.п}^{P_2} - t_1)h_{a,ц}}{(i_{п}^{P_2} - i_{кнд}^{P_2})\eta_2},$$

Расход пара в цилиндрах второго периода сушки определяется отдельно для каждого цилиндра в первой паровой группе:

$$d_2^{P_1} = \frac{K(t_{н.п}^{P_1} - t_1)h_{a,ц}m_r Z_i}{(i_{п}^{P_1} - i_{кнд}^{P_1})\eta_1},$$

Результаты расчетов расходов пара сводятся в таблицу. На основании полученных данных определяется расход пара на каждую паровую группу цилиндров, сушильную установку и удельные расходы пара и теплоты на сушку полотна.

При развитых процессах кипения и испарения во влажных слоях материала суммарный массовый поток влаги определяется уравнением (индекс ж – жидкость, п – пар):

$$J_m = J_{ж} + J_{п} = -a_{ж}(\rho_c \partial U / \partial x + \delta \rho_c \partial t / \partial x + \delta_{п} \partial P / \partial x),$$

где  $a_{ж}$  – коэффициент влагопроводности полотна;

$\rho_c$  – плотность абс. сухого материала;

$\delta$  – коэффициент термовлагопроводности;

$\delta_{п}$  – относительный коэффициент фильтрации,  $\delta_{п} = K_{п} / a_{ж}$ ;

$K_{п}$  – коэффициент фильтрации.

При прогреве уравнение теплового баланса и теплообмена во время пребывания бумажного полотна на сушильном цилиндре имеет следующий вид [1–12]:

$$dq_{к.т} = \alpha_{к.т} (t_{гр} - t_6) d\tau_{ц} = (C_{с.п} + U_0 C_w) P_{с.п} dt_6,$$

где  $\alpha_{к.т}$  – коэффициент контактного теплообмена;

$t_6, t_{гр}$  – температуры соответственно бумажного полотна и греющей поверхности цилиндра;

$\tau_{ц}$  – продолжительность пребывания бумажного полотна на цилиндре;

$C_{с.п}$  – теплоемкость сухого полотна;

$U_0$  – начальное влагосодержание бумажного полотна;

$C_w$  – теплоемкость воды;

$P_{с.п}$  – поверхностная плотность сухой массы материала.

После интегрирования этого уравнения можно определить температуру бумажного полотна при сходе с цилиндра.

Как показали эксперименты [1–12], на участках межцилиндрового пробега полотна испарение влаги происходит в основном за счет теплоты, аккумулированной влажным полотном в период его контакта с греющей поверхностью. При этом температура полотна значительно снижается, но при соприкосновении с последующим цилиндром вновь повышается до температуры насыщения. Интенсивность испарения влаги на участках свободного пробега полотна является функцией нескольких переменных параметров: скорости движения полотна, начальной и конечной температур материала на данном участке, парциальных давлений водяного пара на поверхности материала  $P_{\text{п}}$  и в воздухе  $P_{\text{в}}$ .

Анализ тепломассообмена на межцилиндровом пробеге полотна основан на совместном решении уравнений баланса теплоты и массообмена:

$$\begin{aligned} dq_{\text{б}} &= m r dt = \varphi_{\text{к}}(C_{\text{с.п}} + C_{\text{в}} U) P_{\text{с.п}} dt_{\text{п}}; \\ m &= 2 \beta_{\text{р}} (P_{\text{п}} - P_{\text{в}}), \end{aligned}$$

где  $m$  – интенсивность сушки;  
 $\varphi_{\text{к}}$  – коэффициент, учитывающий теплоотдачу полотна в окружающую среду;  
 $C_{\text{с.п}}, C_{\text{в}}$  – теплоемкость сухого материала и влаги;  
 $U$  – среднее влагосодержание материала на участке;  
 $\beta_{\text{р}}$  – коэффициент массообмена, отнесенный к разности парциальных давлений на поверхности влажного материала и в воздухе.

Подставив одно уравнение в другое, получим уравнение баланса теплоты

$$m r dt = 2\beta_{\text{р}} (P_{\text{п}} - P_{\text{в}}) r dt = \varphi_{\text{к}} (C_{\text{с.п}} + C_{\text{в}}U) P_{\text{с.п}} dt_{\text{п}}.$$

Решение данного уравнения [1–4, 10–12] позволяет определить зависимость температуры полотна от продолжительности его пребывания в воздушной среде для первого и второго периодов сушки.

К основным показателям эффективности работы сушильных установок БДМ и КДМ относятся следующие: удельный расход теплоты и пара на единицу вырабатываемой продукции и на единицу испаряемой из полотна влаги; удельный расход воздуха на 1 т бумаги или картона. Важным показателем является также производительность машины, которая зависит от интенсивности сушки полотна и удельного влагосъема.

В работах [1–12] представлена методика теплового расчета сушильных установок БДМ и КДМ. В соответствии с этой методикой производительность сушильной установки ( $G_{\text{м}}$ , кг/ч) рассчитывается по уравнению

$$G_{\text{м}} = 60W_{\text{м}}b_{\text{п}}P_{\text{с.п}},$$

где  $W_{\text{м}}$  – скорость движения полотна, м/мин;  
 $b_{\text{п}}$  – обрезная ширина полотна, м.

В зависимости от производительности установки определяется количество передаваемой полотну теплоты ( $Q$ , кДж/ч) по периодам сушки:

для периода прогрева полотна

$$Q_{\text{пр}} = (1/\psi_{\text{пр}})G_{\text{м}}(C_{\text{с.п}} + C_{\text{в}}U_0)(t_1 - t_0);$$

для первого периода сушки

$$Q_1 = (1/\psi_1) G_{\text{м}}(U_0 - U_{\text{к1}}) r_1;$$

для второго периода сушки

$$Q_2 = (1/\psi_2) G_{\text{м}}(U_{\text{к1}} - U_2)(r_2 + \Delta q_{\text{м}}),$$

где  $\psi_{\text{пр}}$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  – коэффициенты использования тепла в отдельные периоды сушки;

$r_1$ ,  $r_2$  – теплота парообразования в первом и втором периодах сушки;

$\Delta q_{\text{м}}$  – удельная теплота прогрева полотна при конечном влагосодержании  $U_2$ , отнесенная к 1 кг испаряемой влаги,

$$\Delta q_{\text{м}} = (C_{\text{с.п}} + C_{\text{в}}U_2)(t_2 - t_1)/(U_{\text{к1}} - U_2).$$

Суммарный расход тепла на сушку

$$Q_{\text{с}} = Q_{\text{пр}} + Q_1 + Q_2.$$

Расход пара на сушку

$$D_{\text{с}} = \left( \frac{Q_{\text{пр}}}{\eta_{\text{пр}}} + \frac{Q_1}{\eta_1} + \frac{Q_2}{\eta_2} \right) \left( \frac{1}{i_{\text{п}} - i_{\text{к}}} \right)$$

где  $\eta_{\text{пр}}$ ,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$  – коэффициенты сохранения теплоты в группах цилиндров;  
 $i_{\text{п}}$ ,  $i_{\text{к}}$  – энтальпия пара на входе в сушильную часть машины и энтальпия конденсата на выходе из установки.

Теоретические или расчетные удельные расходы на выработку 1 т бумаги или картона:

тепла, ГДж/т,

$$q_6^{\text{т}} = \frac{Q_{\text{с}}}{G_{\text{м}}};$$

пара, т/т,

$$d_6^{\text{т}} = \frac{D_{\text{с}}}{G_{\text{м}}}.$$

Количество влаги, испаряемой из влажного полотна, кг/ч,

$$M = G_{\text{м}}^{\text{ac}}(U_0 - U_2).$$

Интенсивность сушки бумаги (картона), или удельный влагоъем с 1 м<sup>2</sup> полотна, кг/ (м<sup>2</sup>·ч),

$$m = \frac{M}{n_{\text{ц}} h_{\text{ац}}}.$$

Удельные расходы на 1 т испаряемой влаги: теплоты, ГДж/т,

$$q_{\text{вл}}^{\text{T}} = \frac{Q_{\text{с}}}{M};$$

пара, т/т,

$$d_{\text{вл}}^{\text{T}} = \frac{D_{\text{с}}}{M}.$$

Расход воздуха на сушку, кг/ч,

$$L_{\text{с}} = \frac{M}{d_5 - d_2},$$

где  $d_5$ ,  $d_2$  – влагосодержание воздуха на выходе из сушильной установки и на входе.

Удельный расход воздуха на сушку 1 кг бумаги (картона), кг/кг,

$$l_{\text{в}} = \frac{L_{\text{с}}}{G_{\text{м}}}.$$

Коэффициент полезного действия процесса сушки с учетом возврата конденсата

$$\eta_{\text{с}} = \frac{M(i_{\text{п}}^{\text{BT}} - C_{\text{w}} t_{\text{по}})}{D(i_{\text{п}}^{\text{P}} - i_{\text{к}})}.$$

На основании многочисленных расчетов сушильных установок БДМ и КДМ, работающих на производствах, теоретические удельные расходы теплоты и пара составляют:

для бумаги или картона

$$q_6^{\text{T}} = 1,0 \dots 1,2 \text{ Гкал/т бумаги}; \quad d_6^{\text{T}} = 2,0 \dots 2,4 \text{ т пара /т бумаги};$$

для целлюлозы

$$q_{\text{ц}}^{\text{T}} = 0,8 \dots 1,0 \text{ Гкал/т целлюлозы}; \quad d_{\text{ц}}^{\text{T}} = 1,6 \dots 1,9 \text{ т пара /т целлюлозы}.$$

На действующих машинах фактические затраты теплоты и пара превышают теоретические на 30...60 %, что обусловлено следующими причинами:

использование на ряде машин параллельной схемы теплоснабжения;

разбивка цилиндров по паровым группам не соответствует закономерностям сушки;

расход пара на сушильные цилиндры не соответствует расчетному значению;

большое количество пролетного пара, который часто используется для транспортировки конденсата от машины к баку-сборнику;  
нестабильность теплового и гидравлического режимов работы сушильных установок;  
низкие значения начальной сухости полотна перед сушильной установкой;  
неудовлетворительный температурный график работы сушильных цилиндров;  
несоблюдение закономерностей сушки и форм связи влаги с материалом;  
отсутствие системы контроля и управления сушильным процессом, низкий удельный влагосъем;  
низкое качество выпускаемой продукции;  
не используются новые запатентованные разработки;  
частые обрывы полотна;  
неудовлетворительный профиль влажности по ширине полотна, кромки полотна после сушки остаются влажными по сравнению с основной шириной полотна;  
периодически меняется ассортимент выпускаемой продукции;  
низкие значения давления пара по паровым группам и малые перепады давления между группами;  
неудовлетворительная работа системы вентиляции БКДМ;  
схемы пароконденсатных систем БДМ и КДМ не соответствуют современному уровню развития сушильной техники.

Эти же причины приводят к снижению как производительности машин, так и интенсивности сушки бумаги и картона. Интенсивность сушки (удельный влагосъем) на работающих сушильных установках, как правило, составляет 9...15 кг влаги/ (м<sup>2</sup>·ч), в то время как на современных БДМ и КДМ после реконструкции пароконденсатных систем она находится в пределах от 20 до 32 кг влаги/ (м<sup>2</sup>·ч).

Для снижения удельных затрат на сушку и повышение производительности сушильных БДМ и КДМ необходимо разработать и внедрить в производство пароконденсатные системы сушильных установок БДМ и КДМ с минимальными затратами теплоты, максимальной производительностью при минимальных капитальных вложениях денежных средств и малом сроке коммерческой окупаемости (3...6 мес.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепломассообмен при сушке бумаги на многоцилиндровых установках / А.П. Бельский, В.Ю. Лакомкин, Е.Н. Громова, Е.А. Мурзич // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС: межвуз. сб. науч. тр. / СПбГТУРП. СПб., 2007. 2001. С. 36 – 44.

2. *Бельский А.П.* Теоретические основы процессов контактно-конвективной сушки бумаги: автореф. ... д-ра техн. наук. Л., 1991. 30 с.
3. *Бойков Л.М.* Интенсификация сушки картона // Химия и технология бумаги: межвуз. сб. науч. тр. /ЛТА. Л.,1988. С.127 – 130.
4. *Бойков Л.М.* Оценка эффективности сушки при различных способах энергоподвода // Инж.-физ. журн. 1991. Т. 60, № 3. С. 442–448.
5. *Бойков Л.М.* Совершенствование процессов контактно-конвективной сушки картона и бумаги: автореф. ... д-ра техн. наук. СПб., 2001. 32 с.
6. *Бойков Л.М.* Универсальная методика расчета контактных сушильных установок // Химия и технология целлюлозы и полуцеллюлозы: межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА. Л., 1989. С. 28–32.
7. *Жучков П.А.* Исследование эффективности различных методов интенсификации тепловых процессов в сушильных установках для сушки тонких и дисперсных материалов в целлюлозно-бумажном производстве: автореф. ... д-ра техн. наук. М., 1970. 62 с.
8. *Жучков П.А., Саунин В.И.* Тепловой и гидравлический режимы бумагоделательных и картоноделательных машин. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 152 с.
9. *Жучков П.А.* Тепловые процессы в целлюлозно-бумажном производстве. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 407 с.
10. *Смирнова О.С., Бельский А.П., Лакомкин В.Ю.* Расчет температуры бумажного полотна при кондуктивно-конвективной сушке. Ч. I // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС: межвуз. сб. науч. тр. / СПбГТУРП. СПб., 2005. С. 14 – 20.
11. *Смирнова О.С., Бельский А.П., Лакомкин В.Ю.* То же. Ч. II // Там же. С. 21 – 23.
12. *Тимофеев О.Н.* Влияние конвективного теплообмена и прижимного материала на эффективность контактной сушки бумаги: автореф. ... канд. техн. наук. Л., 1987. 17 с.

Поступила 15.06.11

*L.M. Boykov<sup>1</sup>, N.S. Nechayev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> St. Petersburg State Technological University of Plant Polymers

<sup>2</sup> Firm “Spirax-Sarko Engineering”

### **The Drying Units of Paper- and Cardboard Machines Performance Indicators**

The basic performance indicators of paper machines and cardboard machines drying units are presented in the article. Reasons of acting machines manufacturing capacity decrease and heat energy excessive consumption are described. The objective and tasks of paper- and cardboard machines performance increasing are outlined.

*Key words:* drying productivity, drying units, paper machines, cardboard machines, steam condensing system, productivity of a machine, heat specific consumption for paper or cardboard drying, drying rate.

УДК 676.1.022

**Р.Е. Смирнов**

Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров

Смирнов Рудольф Евгеньевич родился в 1938 г., окончил в 1962 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры технологии целлюлозы и композиционных материалов СПбГТУРП, Имеет более 120 научных работ в области производства волокнистых полуфабрикатов. Тел./факс: 8(812)786 53 23



### **ПРИМЕНЕНИЕ РАЗБАВЛЕННОЙ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ СУЛЬФИТНО-ФОСФОРНОКИСЛОЙ ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

В целях улучшения экологии и экономики производства целлюлозы по двухступенчатому сульфитно-фосфорнокислому способу варки выявлена возможность уменьшения расхода (концентрации)  $H_3PO_4$  для второй ступени варки от 1,0 до 0,5 %  $H_3PO_4$ . Оказалось, что уменьшение концентрации кислоты незначительно сказывается на показателях целлюлозы и щелока. Целлюлоза после сульфитно-фосфорнокислой варки отличается от других сульфитных целлюлоз повышенным выходом, белизной, разрывной длиной. Спектроскопический анализ отработанного щелока показал, что растворенный лигнин при новом способе варки обладает низкой средней молекулярной массой и мало склонен к вторичной конденсации. Подобное его состояние облегчает его утилизацию, например, в качестве сельскохозяйственного удобрения.

*Ключевые слова:* сульфитная целлюлоза, разбавленный раствор ортофосфорной кислоты для получения целлюлозы, двухступенчатый сульфитно-фосфорнокислый способ варки целлюлозы.

В Санкт-Петербургском государственном технологическом университете растительных полимеров (СПбГТУРП) проводятся исследования по разработке технологии нового сульфитно-фосфорнокислого способа варки, в котором применяемые обычно кислые сульфитные растворы во второй ступени заменены на раствор ортофосфорной кислоты ( $H_3PO_4$ ), что резко снижает выбросы  $SO_2$  [2]. Показано, что одним из оптимальных условий проведения второй ступени является использование  $H_3PO_4$  концентрацией 1,05 % [13]. Предполагается, что одним из объектов внедрения новой технологии варки целлюлозы будет ОАО «Выборгская целлюлоза» (Ленинградская область). Предприятие производит сульфитную целлюлозу кислым сульфитным способом. Оно было реконструировано с привлечением финских фирм. Отработанный сульфитный щелок утилизируется переработкой на кормовые дрожжи и технические лигносульфонаты. На предприятии совместно с СПбГТУРП отработана новая методика анализа сульфитной кислоты [12].

---

© Смирнов Р.Е., 2012

Необходимо отметить, что при подготовке отработанного щелока второй ступени сульфитно-фосфорнокислой варки к биохимической переработке фосфорные соли для питания дрожжей не добавляли, так как концентрация фосфора в щелоке после варки составляла 400 мг/л, что несколько выше необходимого количества для полной переработки сахаров (300...350 мг/л), требуемого для нормальной биохимической переработки ПВ [10].

В связи с этим возникла задача снизить расход за счет уменьшения концентрации ортофосфорной кислоты ( $H_3PO_4$ ), используемой во второй ступени варки, до 0,5 %. Снижение содержания фосфора в стоках целлюлозного завода позволило бы одновременно улучшить экономику и экологию производства.

С использованием разработанной нами математической модели новой двухступенчатой варки с концентрацией  $H_3PO_4$  0,5 % [13] были рассчитаны ожидаемые изменения показателей целлюлозы и щелока. Установлено, что показатели изменились незначительно, целлюлоза, например, по-прежнему соответствовала (даже с превышением) марке Ж-5 по ГОСТ 8501–82. Характеристика щелока осталась в пределах погрешности эксперимента.

Интересно было оценить снижение концентрации ортофосфорной кислоты с точки зрения теории гидролиза целлюлозы. Например, согласно Хэглунду [18], основными факторами, регламентирующими скорость кислотного гидролиза сульфированного лигнина древесины ели, являются температура и рН варочного раствора, где кислотность среды задается концентрацией и силой применяемой кислоты. В используемом нами интервале концентраций  $H_3PO_4$  (от 0,5 до 1,1 %) расчетные значения рН изменяются от 1,71 до 1,53, т.е. рН практически не меняется. Показатель рК по первой ступени равен 2,12 [10].

Основываясь на вышеизложенном, концентрацию ортофосфорной кислоты было решено уменьшить до 0,5 %, что привело к снижению  $P_2O_5$  в щелоке до 200...300 мг/л на 1,0 % ПВ.

Обычно концентрация водных растворов двуокиси серы ( $H_2SO_3$ ), используемых для растворения сульфированного лигнина древесины хвойных и лиственных пород, составляет 2,5...3,5 %, что значительно превышает рекомендуемую нами для этих целей концентрацию ортофосфорной кислоты в 5–7 раз.

По мнению Элиашберга [17], растворение сульфированного лигнина в водных растворах  $SO_2$  не исключает участия последнего в реакциях дальнейшего сульфирования лигнина, т. е. в реакциях сульфитолиза. Что касается ортофосфорной кислоты, то имеются сообщения [2], указывающие на возможность участия в реакциях гидролиза гликозидных связей (полисахаридов) аниона  $H_2PO_4^{-2}$ , ведущего к образованию фосфорнокислых эфиров (моноз) (рис. 1). Такой процесс можно назвать фосфоролизом. Предполагается, что  $H_3PO_4$  может участвовать и в реакциях фосфоролиза эфирных связей лигносульфоновой кислоты и ее солей (рис. 2).



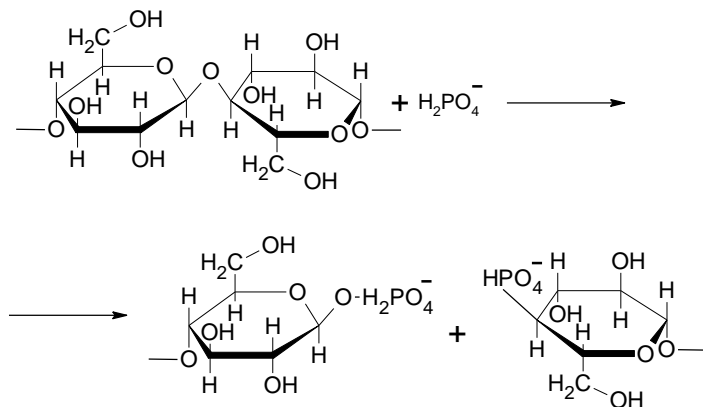
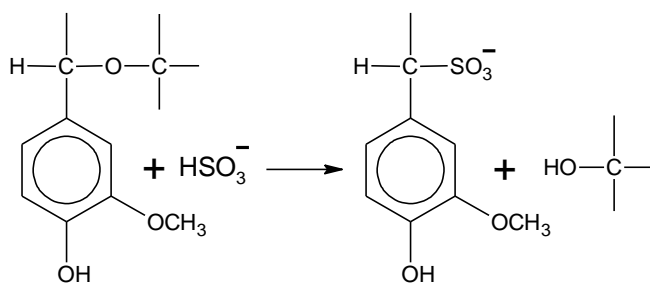


Рис. 1. Фосфорнокислые эфиры гемицеллюлоз



ИЛИ

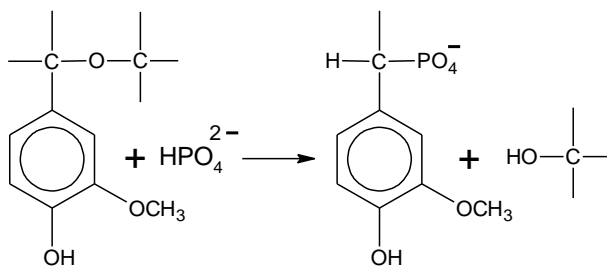
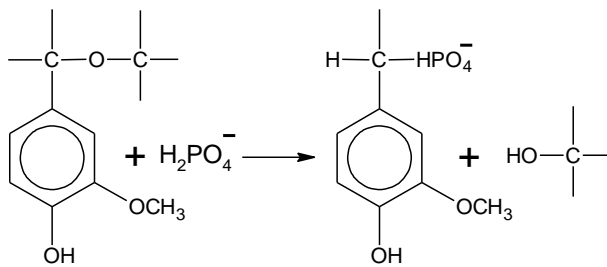
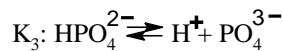
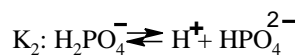


Рис. 2. Фосфоролиз лигнина при сульфитно-фосфорнокислой варке древесины

С целью исследовать распределение  $H_3PO_4$  между отработанным варочным раствором и полученными древесными остатками было проведено определение фосфора (в ед.  $P_2O_5$ ) [5] после варки с 0,5 %  $H_3PO_4$  (3580 мг/л  $P_2O_5$ ). Анализ показал, что в отработанном варочном растворе, идущем на биохимическую переработку, содержится 29,5 мг/л  $P_2O_5$  (3,2 % от заданного на варку  $P_2O_5$ ). Доля остаточного фосфора в полученной целлюлозе и непроваре 4,7 %, остальное количество, по-видимому, уходит с промывными водами на стадии промывки.



Установленный для исследуемого процесса делигнификации характер влияния температуры и рН подчиняется тем же основным закономерностям, что и для процесса удаления лигнина с помощью сернистой кислоты.

На основании результатов проведенных исследований обеих ступеней нового сульфитно-фосфорнокислого способа варки [3, 13] был подкорректирован технологический режим, который обеспечил оптимальное содержание фосфора в отработанных варочных растворах второй ступени для последующей биохимической переработки на кормовые дрожжи и позволил получить наибольший прирост выхода технической целлюлозы еловой древесины при удовлетворительных показателях ее механической прочности.

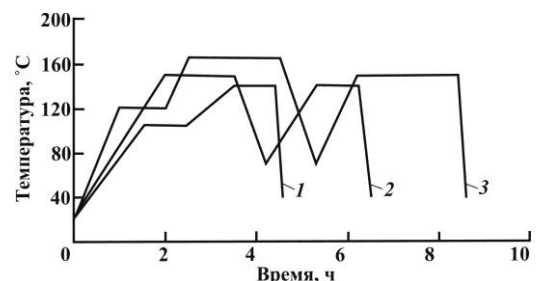
Предложен следующий режим варки:

на первой ступени: рН 6,0, весь  $SO_2$  – 3,0 %, температура варки – 165 °С, продолжительность обработки – 2,0 ч;

на второй ступени: концентрация  $H_3PO_4$  – 0,5 %, температура – 150 °С, продолжительность обработки – 2,0 ч.

Для последующей качественной оценки характеристик полученного волокнистого полуфабриката использовали образцы так называемой целлюлозы сравнения, полученные в лабораторных условиях традиционными (сульфитным и двухступенчатым бисульфит-сульфитным) способами варки. Графики варок представлены на рис. 3.

Рис. 3. Температурные графики варок сравнения: 1 – кислый сульфитный способ; 2 – двухступенчатый бисульфит-сульфитный ВНПОбумпрома; 3 – двухступенчатый сульфитно-фосфорнокислый



Для проведения варки по способу ВНПОбумпрома при сульфировании использовали такой же варочный раствор, что и на первой ступени сульфитно-фосфорнокислого способа. Все образцы полученной целлюлозы имели примерно одинаковую степень делигнификации; проводилось хроматографическое определение основного углеводного состава.

Результаты проделанной работы приведены в табл. 1. Сравнение количественных характеристик образцов волокнистых полуфабрикатов показало, что сульфитно-фосфорнокислая целлюлоза отличается от двух других, имея несколько большие показатели выхода и белизны при минимальном количестве непровара.

Данные табл. 2, в которой представлен состав полученных тремя различными способами образцов целлюлозы, изученный с помощью газожидкостной хроматографии [6], дают возможность понять от чего зависит выход сравниваемых полуфабрикатов.

После сравнения химического состава трех образцов исследуемых целлюлоз, можно сделать вывод, что практически весь прирост выхода технической целлюлозы, полученной сульфитно-фосфорнокислым способом, происходит

Таблица 1

**Выход и показатели качества образцов целлюлозы (60 °ШР), полученных различными способами**

Показатель	Кислый сульфитный	Бисульфит-сульфитный	Сульфитно-фосфорнокислый
Общий выход, %	48,2	54,1	55,0
Число каппа	22,1	22,7	24,0
Белизна, %	62,5	71,5	73,5
Разрывная длина, км	8,5	9,8	10,4
Сопротивление излому, число двойных перегибов	1920	1590	1250
Сопротивление: продавливанию, кПа	368	455	491
раздиранию, мН	810	750	720

Таблица 2

**Химический состав (%) исходной древесины (ель) и образцов целлюлозы, полученных различными способами**

Основные ингредиенты	Ель обыкновенная	Древесные остатки после сульфирования*	Обычная сульфитная целлюлоза	Бисульфит-сульфитная целлюлоза	Сульфитно-фосфорнокислая целлюлоза
Лигнин	27,14	18,53	3,76	3,86	4,08
Арабиноза	1,06	0,93	–	–	–
Ксилоза	3,56	4,04	1,47	2,44	2,46
Манноза	10,15	10,97	2,43	5,31	9,64
Галактоза	2,69	–	–	–	–
Глюкоза	49,75	55,70	78,35	74,51	71,75

\* рН 6,0; температура 165 °С; продолжительность 2 ч.

за счет повышенной стабилизации глюкоманнана. Следует отметить, что ортофосфорная кислота гораздо меньше разрушает и саму целлюлозу. По-видимому, это объясняется тем, что применяемая концентрация  $H_3PO_4$  в 6 раз меньше концентрации водного  $SO_2$ , использовавшегося на второй ступени способа ВНПОбумпрома и в 14 раз меньше концентрации сульфитной варочной кислоты для получения обычной сульфитной целлюлозы. Это позволяет предположить, что  $H_3PO_4$  обладает наибольшей избирательностью делигнификации.

Известно, что полиозы, являясь важным компонентом технических видов целлюлозы, выполняют роль своеобразного пластификатора, который облегчает ее последующую фибрилляцию и, в свою очередь, способствует повышению прочности связей между отдельными волокнами в листе бумаги. В итоге полиозы оказывают значительное влияние как на процесс размола, так и на бумагообразующие свойства самих растительных волокон [7].

При этом необходимо учитывать, что существует и определенный предел, так называемое оптимальное соотношение между целлюлозой и количеством полиоз, ниже или выше которого происходит снижение механических свойств технических видов целлюлозы. При этом для отдельных показателей прочности это соотношение различно.

Так, по Шаркову [16], наибольшие показатели механической прочности на растяжение и сопротивление изгибу достигаются при выходе 53,0 %; удлинения – при 51,5 %; на разрыв – при 47,0 %. По данным Джайме [19], оптимальное содержание полиоз, при котором сульфитная целлюлоза обладает наибольшими показателями механической прочности, соответствует выходу 50,0...52,0 %.

Если проследить сравнительную динамику изменения механических свойств трех различных образцов целлюлозы (см. табл. 1), то можно отметить, что с увеличением выхода происходит снижение прочностных показателей (сопротивления излому и раздиранию) и повышение разрывной длины и сопротивления продавливанию. По-видимому, это связано, как со степенью деградации самой целлюлозы, так и ее составляющих. Такой вывод можно сделать и при сопоставлении динамики потерь основных ингредиентов трех различных образцов технической целлюлозы (табл. 2).

Фляте считает [15], что низкие прочностные свойства технической целлюлозы, чрезмерно обогащенной полиозами, можно объяснить тем, что «с увеличением содержания в технической целлюлозе гемицеллюлоз относительно снижается содержание  $\alpha$ -целлюлозы, т.е. компонента с длинными цепями, обеспечивающего прочность самих волокон. Таким образом, положительное влияние, оказываемое гемицеллюлозами на сцепление волокон и выражающееся, в первую очередь, в увеличении поверхности сцепления, в какой-то мере снижается отрицательным влиянием уменьшения прочности самих волокон». Сопоставляя данные табл. 1 и 2, можно убедиться, что это соответствует результатам наших экспериментов. По данным табл. 2, увеличение

выхода технической целлюлозы влияет на содержание самой целлюлозы (оно снижается), а данные табл. 1 дают представление об изменении механических свойств полученных образцов целлюлозы при увеличении количества полиоз.

О том, что высокое содержание полиоз в технической целлюлозе влияет на ее показатели, свидетельствуют и данные Вирколы [20], который сравнивал свойства целлюлозы, полученной различными способами из древесины ели. Он отмечал, что наибольшие показатели сопротивления излому, после сульфатной, имеет целлюлоза, полученная обычным сульфитным способом. Данные табл. 1, характеризующие механические свойства сравниваемых образцов целлюлозы, показывают, что у небеленой сульфитной целлюлозы самое большое сопротивление излому.

Некоторые исследователи считают [1], что снижение сопротивления излому у целлюлозы, обогащенной полиозами, объясняется содержанием большого количества низкомолекулярных углеводов, которые в процессе сушки могут терять свои пластифицирующие свойства.

По ГОСТ 6501–82 сульфитно-фосфорнокислую целлюлозу с такими показателями можно отнести к маркам Ж-4 и Ж-5. Но, как известно, существует огромное разнообразие бумаг, для производства которых может быть пригодна целлюлоза, обогащенная полиозами. Применение такой целлюлозы для производства специальных видов бумаги позволит достичь необходимых потребительских свойств при гораздо меньших технологических затратах и расходах волокнистых полуфабрикатов. Например, сульфитно-фосфорнокислая целлюлоза может быть рекомендована для выработки прозрачных и жиронепроницаемых типов бумаг, вырабатываемых из массы жирного помола, поскольку целлюлоза, содержащая повышенное количество полиоз, быстро размалывается и дает плотный по структуре лист с повышенной прочностью и жиростойкостью.

Учитывая, что такая целлюлоза способствует созданию прочного, но жесткого листа, ее можно использовать в композиции с древесной массой или другими видами волокнистых полуфабрикатов взамен сульфитной, например, в композиции газетной, пачечной, обойной, цветной писчей, обложечной, мундштучной, упаковочной и др. видов бумаги.

Для качественной оценки лигнина варочных растворов, отобранных со второй ступени сульфитно-фосфорнокислого способа варки, использовали один из наиболее широко распространенных при изучении лигнина физико-химических методов анализа – спектроскопию в ультрафиолетовой и видимой областях спектра. Это обусловлено тем, что в отличие от полисахаридов клеточной стенки, которые пропускают свет в упомянутой области спектра, лигнин, обладая ароматической природой, интенсивно поглощает ультрафиолетовые лучи. Поэтому этот метод широко используют для идентификации лигнина, его качественного и количественного определения, а также для характеристики изменений строения и свойств лигнина.

Известно, что препараты лигнина, выделенные различными способами, могут существенно различаться физико-химическими характеристиками. Ультрафиолетовое поглощение лигнина очень чутко реагирует на изменение его природы, связанное с химическими превращениями.

Перед нами стояла задача исследовать отличие лигнина, переведенного в раствор с применением  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , от лигнина, растворенного с помощью  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

Приведенные режимы лабораторных варок (рис. 3) из-за низких (равных комнатной) начальных температур щелока и автоклава оказались более продолжительными по сравнению с промышленными условиями. Например, оборот котла вместимостью  $320 \text{ м}^3$  при двухступенчатой варке на Слокском ЦБК в режиме постоянной работы завода составил 10 ч [4]. В обоих случаях было достигнуто ожидаемое повышение выхода целлюлозы, обеспечивающее рентабельность процесса.

Для качественной оценки лигнина, переведенного в раствор с применением нового варочного реагента ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), были использованы отработанные варочные растворы, отобранные после варки с 0,5 %-й  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и после варок двух образцов целлюлозы сравнения. Исследование проводили в области длин волн  $\lambda = 175 \dots 425 \text{ нм}$  (рис. 4).

Электронные спектры поглощения исследуемых растворов были получены с помощью прибора «Specord M-400».

Сравнение полученных спектров поглощения показало, что все спектральные кривые (1) – (3) имеют максимумы поглощения в области 280 нм со спадом в направлении более коротких волн и более или менее выраженное плечо в области 230 и 310 нм. При выбранном разбавлении (100 раз) максимум поглощения в области 205 нм характерен только для спектра раствора, отобранного после варки с  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . В двух других образцах этому помешало наличие двуокиси серы в растворе, которая интенсивно поглощает при  $\lambda = 196 \text{ нм}$ . Дальнейшее разбавление изучаемых растворов могло бы существенно затруднить анализ полученных спектров.

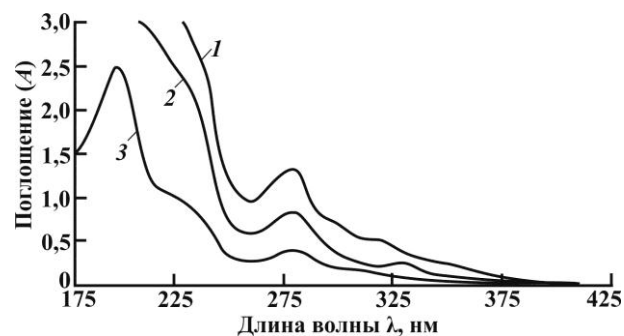


Рис. 4. Спектры поглощения отработанных растворов (обозначения приведены на рис. 3)

Сравнивая максимумы поглощения полученных кривых в области 280 нм, можно отметить следующее:

в лигнине, переведенном в раствор тремя различными способами, содержится неодинаковое количество свободных и этерифицированных гидроксильных групп [11, с.152]; минимальное – в лигнине сульфитно-фосфорнокислого способа варки;

принимая во внимание, что плечо спектра в этой области может усиливаться кислотной конденсацией лигнина [11, с.167], можно предположить, что лигнин, выделенный с помощью  $H_3PO_4$ , наименее конденсирован;

так как на поглощение при  $\lambda = 280$  нм значительно влияют примеси продуктов распада полисахаридов древесины (фурфурол, оксиметилфурфурол), то щелок, отобранный со второй ступени сульфитно-фосфорнокислого способа варки, характеризуется наименьшим содержанием продуктов распада полисахаридов, на что указывают и данные хроматографического исследования;

по максимуму поглощения в области 280 нм можно судить и о степени разрушения самого лигнина; по-видимому, лигнин, переведенный в раствор с помощью  $H_3PO_4$ , был наиболее сильно подвержен деструктивному воздействию.

О том, что лигнин, выделенный с помощью  $H_3PO_4$ , наименее склонен к конденсации, свидетельствует и сравнение полученных спектров в области  $\lambda = 300...400$  нм. По литературным данным [11, с.155–158], поглощение в этой области спектра обусловлено присутствием в лигнине сопряженных и несопряженных карбонильных групп и  $\alpha, \beta$  двойными связями. Так, для всех полученных спектров характерен пик в области 270...310 нм, который максимален в растворе после варки по способу ВНПОбумпрома и минимален в растворе, отобранном после кислотной ступени нового сульфитно-фосфорнокислого способа варки. Это свидетельствует о том, что лигнин, переведенный в раствор с помощью водного раствора двуокиси серы, по-видимому, наиболее склонен к вторичной конденсации.

Представленные спектры могут дать приблизительную информацию и о средней молекулярной массе лигносульфонатов, полученных сравниваемыми способами. Это возможно потому, что молекулярная масса исследуемых лигносульфонатов, не влияя на величину поглощения в области при  $\lambda = 280$  нм, изменяет форму кривой поглощения [11, с. 168]. Отношение максимума поглощения при 280 нм к величине минимума при 260 или 310 нм с увеличением молекулярной массы лигносульфонатов обычно уменьшается. Сравнивая эти отношения на полученных спектрах поглощения, исследуемые варочные растворы можно расположить в следующем порядке: способ ВНПОбумпрома – сульфитно-фосфорнокислый – сульфитный.

Подводя итог проведенному анализу электронных спектров поглощения варочных растворов, отобранных после получения целлюлозы (примерно одинаковой степени делигнификации) тремя различными модификациями

сульфитного способа варки, можно сделать вывод, что варочный раствор со второй ступени нового сульфитно-фосфорнокислого способа, по сравнению с двумя другими, полученными с использованием  $H_2SO_3$ , характеризуется минимальным количеством продуктов распада углеводной части древесины и содержит максимально деструктурированный лигнин, который, по-видимому, обладает очень низкой средней молекулярной массой и мало склонен к вторичной конденсации. Это еще раз подчеркивает достоинство нового нетрадиционного варочного реагента ( $H_3PO_4$ ), перед обычно используемой для этих целей  $H_2SO_3$ .

Подобные исследования были выполнены ранее, но с использованием во второй ступени варки 1,0 %-й ортофосфорной кислоты [9].

По результатам, приведенным в табл. 1, 2 и на рис. 4 также можно сделать вывод, что более высокий выход целлюлозы при сульфитно-фосфорнокислой варке обусловлен повышенной стабильностью глюкоманна и что ортофосфорная кислота обладает наибольшей избирательностью делигнификации за счет специфичности ее воздействия на древесину.

Некоторые отличия результатов аналогичных исследований (с 0,5 и 1,0 %-й  $H_3PO_4$ ) могут быть объяснены не различной концентрацией ортофосфорной кислоты, а скорее составом исходных образцов древесины ели.

Качественный анализ лигнина, растворенного во второй ступени [9], также проводили с помощью двухлучевого спектрофотометра «Specord M-400».

Как и в случае с применением 1,0 %-й ортофосфорной кислоты, в нашей работе спектральные кривые имеют максимум поглощения в области 280 нм со смещением в направлении более коротких волн и менее выраженное плечо при 230 и 310 нм.

Сравнение максимумов полученных кривых в области 280 нм показало, что в лигнине, переведенном в раствор разложением щелока, содержится неодинаковое количество свободных и этерифицированных групп. Минимальное их количество обнаружено в лигнине сульфитно-фосфорнокислой варки. Принимая во внимание возможность увеличения плеча спектра за счет кислотной конденсации лигнина, можно предположить, что лигнин, выделенный с помощью  $H_3PO_4$ , наименее конденсирован [15]. Так как на поглощение при  $\lambda = 280$  нм значительно влияют примеси продуктов распада древесины (целлюлоза, олигосахариды), щелок, отобранный во второй ступени сульфитно-фосфорнокислой варки, характеризуется наименьшим их содержанием. Но по максимуму поглощения в области 280 нм можно судить и о степени разрушения самого лигнина. По-видимому, лигнин, переведенный в раствор с помощью  $H_3PO_4$ , больше подвержен деструктивному воздействию. Подобное его состояние облегчает утилизацию отработанного щелока, например, в качестве сельскохозяйственного удобрения [14].



*Выводы*

1. Применение при сульфитно-фосфорнокислой варке целлюлозы разбавленной 0,5 %-й  $H_3PO_4$ , как и более концентрированных ее растворов, обеспечивает повышение выхода целлюлозы из древесины и улучшение ее прочностных показателей.

2. Лигнин отработанного щелока от нового способа варки значительно деструктурирован, обладает низкой молекулярной массой и мало склонен к вторичной конденсации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апсит С.О., Калипенко А.В.* Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 88 с.
2. *Бутко Ю.Г.* Исследование углеводной части сульфитного щелока: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Л. 30 с.
3. Влияние условий первой ступени сульфитно-фосфорнокислой варки на показатели целлюлозы и отработанного щелока. / Ю.Г. Бутко, Р.Е. Смирнов, Т.Б. Глобина, С.В. Булгаков // Целлюлоза, бумага, картон. 1992. № 2. С. 13.
4. Двухступенчатая сульфитная варка целлюлозы / Ю.Н. Ефремов [и др.] // Бум. пром-сть. 1988. № 2. С. 6.
5. Инструкция по химико-технологическому контролю лесохимической переработки сульфитных щелоков, предгидролизатов и гидролизатов. М.: М-во лесной, целл.-бум. и деревообработ. пром-сти СССР, 1982.
6. Количественный химический анализ растительного сырья / В.И. Шарков [и др.] М.: Лесн. пром-сть, 1976. 72 с.
7. *Непенин Н.Н.* Технология целлюлозы. Т.1. Производство сульфитной целлюлозы. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 624 с.
8. Переработка щелока от сульфитно-фосфорнокислой варки целлюлозы на кормовые дрожжи/ Р.Е. Смирнов [и др.] // Лесн. журн. 1990. № 1. С. 86–90. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Поведение углеводов и лигнина при сульфитно-фосфорнокислой варке еловой древесины / Р.Е. Смирнов, Ю.Г. Бутко, С.В. Булгаков, И.Л. Ашева // Лесн. журн. 1997. № 6. С. 55–59.
10. *Рабинович В.А., Хавин З.Я.* Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1977. 376 с.
11. *Сарканен К.В., Людвиг К.В.* Лигнины (структура, свойства, реакции). М.: Лесн. пром-сть, 1975. 630 с.
12. *Смирнов Р.Е., Андреев А.Г., Демидюк Т.Ф.* Хлораминный метод анализа сульфитной кислоты // Лесн. журн. 2008. № 4. С. 102–106. (Изв. высш. учеб. заведений).
13. Сульфитно-фосфорнокислая варка целлюлозы / Р.Е. Смирнов [и др.] // Лесн. журн. 1990. № 1. С.86–90. (Изв. высш. учеб. заведений).
14. *Тельшьева Г.М., Панкова Р.Е.* Удобрения на основе лигнина. Рига: Зинатне, 1978. 64 с.
15. *Фляте Д.М.* Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 138 с.

16. Шарков В.И., Куйбина Н.И. Химия гемицеллюлоз. Лесн. пром-сть, 1972. 440 с.
17. Элиашберг М.Г. Исследования в области теории сульфитной варки целлюлозы: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Л., 1980. 30 с.
18. Hagglund E. Chemistry of Wood. NY: Academic Press, 1951. 631 p.
19. Jame G. APPITA Proc. 1949. № 3. P. 432.
20. Virkola N.E., Jarvela O., Vartiainen V. Eri Keittometelmient Vartailna lahinra valkenevunden Kannalta // Comparison of different Methods Principally from the standpoint of bleachability.

Поступила 07.10.11

**R.E. Smirnov**

Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers

#### **Use of Diluted 0,5 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> for Two-stage Phosphoric Sulfite Pulping**

In order to improve ecology and economy of pulp production by two-stage phosphoric sulfite pulping, there has been revealed a possibility of reducing the concentration of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> for the second stage of cooking from 1,0 to 0,5 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. It turned out that the decrease of acid concentration had a minor effect on characteristics of pulp and liquor. Pulp from phosphoric sulfite pulping differed from other sulfite pulps by higher yield, brightness and breaking length. Spectroscopic analysis of the spent liquor has shown that dissolved lignin in the new method of cooking has a low average molecular weight and is barely prone to secondary condensation. This condition makes it easier to recycle it, for example, as an agricultural fertilizer.

*Key words:* sulfite pulp, diluted solution of phosphoric acid for pulp production, two-stage phosphoric sulfite pulping method.

УДК 676.1.054.1

**М.А. Зырянов<sup>1</sup>, Н.Г. Чистова<sup>2</sup>, А.П. Чижов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета

<sup>2</sup>Сибирский государственный технологический университет

Зырянов Михаил Алексеевич родился в 1986 г., окончил в 2009 г. Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, аспирант, ассистент кафедры ИТС Лесосибирского филиала Сибирского государственного технологического университета. Имеет около 40 печатных работ в области снижения энергетических затрат на получение древесноволокнистых полуфабрикатов в производстве ДВП.  
E-mail: zuryanov13@mail.ru



Чистова Наталья Геральдовна родилась в 1962 г., окончила в 1984 г. Сибирский технологический институт, доктор техн. наук, профессор кафедры лесоинженерного дела Сибирского государственного технологического университета. Имеет 130 печатных работ в области комплексного использования древесного сырья, переработки древесных отходов в производстве древесноволокнистых плит.  
E-mail: chistova\_n\_g@mail.ru



Чижов Александр Петрович родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, кандидат техн. наук, доцент кафедры ТПЛК, директор Лесосибирского филиала Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 90 печатных работ в области комплексного использования древесного сырья, переработки древесных отходов в производстве древесноволокнистых плит.  
E-mail: ap\_chizhov@mail.ru



## **СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ОДНУ СТУПЕНЬ РАЗМОЛА ЩЕПЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДВП МОКРЫМ СПОСОБОМ**

Представлены результаты исследований влияния зазора между гранями крестовины ротора и ножами статора и продолжительности размола на качество древесноволокнистых полуфабрикатов, полученных в одну ступень размола технологической щепы при производстве древесноволокнистых плит мокрым способом.

*Ключевые слова:* градус помола, щепка, древесное волокно, древесноволокнистый ковер, продолжительность размола, прочность плиты, водопоглощение, плотность, фракционный состав.

Одним из основных на сегодняшний день направлений по улучшению комплексного использования древесины на деревоперерабатывающих предприятиях является производство древесноволокнистых плит (ДВП). Как известно, наибольшее распространение получило производство ДВП сухим и мокрым способами.

© Зырянов М.А., Чистова Н.Г., Чижов А.П., 2012

При сухом способе формование ковра происходит в воздушной среде (влажность ковра 5...8 %), подготовка древесноволокнистых полуфабрикатов осуществляется в одну ступень на быстроходных рафинерах. В производстве ДВП сухим способом в качестве связующего чаще всего используют феноло- и карбамидоформальдегидные смолы [3].

При мокром способе производства плит формование ковра происходит в водной среде (влажность ковра 70 %). При переработке сырья хвойных пород связующее, как правило, не применяют. Себестоимость готовой плиты при мокром способе выше, чем при сухом. Это обусловлено прежде всего тем, что размол технологической щепы осуществляется в две ступени [2, 4].

Получение древесноволокнистого полуфабриката в две ступени составляет большую проблему производства ДВП мокрым способом. Так как двухступенчатый размол щепы требует значительных производственных площадей, трудозатрат и повышенного расхода электроэнергии, то задача получения древесной массы, соответствующей ГОСТ 4598–86, в одну ступень размола является актуальной на сегодняшний день.

Для решения этой задачи на базе лаборатории лесоперерабатывающей целлюлозно-бумажной и химической технологии древесины Лесосибирского филиала СибГТУ проводятся исследования процесса размола с целью получить древесноволокнистый полуфабрикат в одну ступень размола щепы при производстве ДВП мокрым способом. При размоле в одну ступень использовали размольный агрегат – рафинер Ц-230, роль ротора в котором выполняет неподвижно закрепленная на валу крестовина, а роль статора – цилиндрический корпус с пятью взаимозаменяемыми гребенчатыми планками. Загруженная через переднюю крышку технологическая щепка проходит термическую обработку в размольной камере агрегата в течение заданного времени. После запуска электродвигателя, придающего вращение ротору размалывающего агрегата, щепка под действием центробежной силы прижимается к внутренней поверхности корпуса с пятью гребенчатыми планками. При этом раздавливание, мятие и расщепление щепы осуществляется между кромками планок и краями насаженной на вал крестовины, а также между лопастями ротора. При достижении заданного градуса помола полученная масса выгружается под давлением через выпускной клапан [1].

На основании многочисленных поисковых экспериментов, осуществленных на рафинере Ц-230, технологические и конструктивные параметры были подобраны таким образом, чтобы качественные характеристики древесноволокнистой массы соответствовали полуфабрикату, полученному по традиционной технологии в две ступени размола, и ДВП из него, а именно: степень помола массы – 20...22 ДС, фракционный показатель качества помола – 31,6...35,1 г, предел прочности плиты при статическом изгибе – 33...38 МПа, плотность плиты – 800...1100 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение плиты – 20...25 %, набухание плиты за 24 ч – 27...30 %.

Получение древесноволокнистой массы в одну ступень размола на данной установке осуществлялось при варьировании различных технологических, конструктивных и энергосиловых параметров. Опыты повторяли не менее 10 раз для каждого исследуемого фактора. Предварительно для выявления наиболее значимых факторов, влияющих на процесс размола, исследовали продолжительность размола, зазор между ножами ротора и статора размольной установки, породный состав сырья, фракционный состав и влажность щепы, температура и давление при пропарке.

Несомненно, все перечисленные факторы оказывают значительное влияние на исследуемый процесс. Предварительные эксперименты показали, что наиболее значимыми факторами процесса получения древесноволокнистых полуфабрикатов из технологической щепы в одну ступень размола являются продолжительность размола и зазор между ножами ротора и статора размольной установки.

В качестве выходных параметров исследуемого процесса были выбраны степень помола древесноволокнистой массы, фракционный показатель качества помола, плотность древесноволокнистой плиты, предел прочности при статическом изгибе, водопоглощение и набухание древесноволокнистой плиты за 24 ч.

При получении древесноволокнистых полуфабрикатов использовали технологическую щепу следующего породного состава, %: сосна –  $(94,0 \pm 1,7)$ , лиственница –  $(4,0 \pm 0,3)$ , береза и осина –  $(2,0 \pm 0,1)$ . Термическую обработку щепы осуществляли при температуре  $(180 \pm 2)$  °С и давлении  $(1,0 \pm 0,03)$  МПа в течение  $(4,0 \pm 0,1)$  мин.

Продолжительность размола технологической щепы составляла  $(70 \pm 1) \leq \tau \leq (170 \pm 1)$  с при варьировании зазора между ножами гребенчатых планок и гранями крестовины  $(0,2 \pm 0,01) \leq z \leq (0,8 \pm 0,01)$  мм и давлении пара  $(1,0 \pm 0,03)$  МПа.

Из графика, представленного на рис. 1, а, видно, что показатель степени помола древесного волокна интенсивно повышается до 24 ДС при увеличении продолжительности размола до 120 с, фракционный показатель

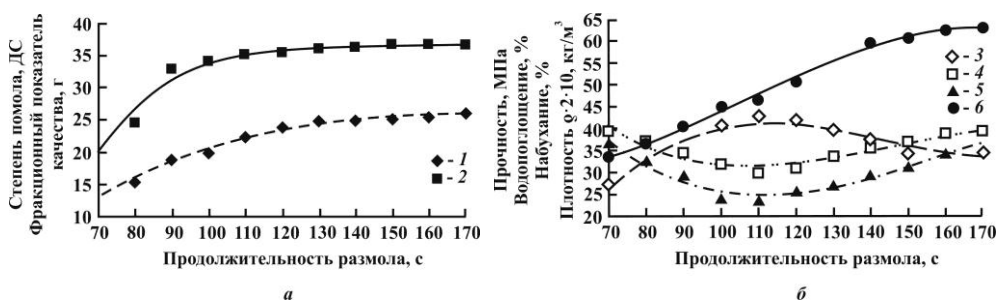


Рис. 1. Зависимость качественных показателей древесноволокнистой массы (а) и показателей физико-механических свойств готовой плиты (б) от продолжительности размола: 1 – степень помола массы, 2 – фракционный показатель качества, 3 – прочность плиты, 4 – водопоглощение, 5 – набухание, 6 – плотность плит

качества помола массы – соответственно 35 г при увеличении продолжительности размола до 110 с. При дальнейшем размоле происходит незначительное увеличение этого показателя.

Как видно из графических зависимостей, представленных на рис. 1, б, наилучшие показатели физико-механических свойств готовой плиты достигаются при продолжительности размола 110 с, при этом прочность плиты составляет 42,3 МПа, ее плотность – 896 кг/см<sup>3</sup>, набухание и водопоглощение за 24 ч – соответственно 25,0 и 31,9 %. При дальнейшем увеличении продолжительности размола происходит снижение прочности ДВП и увеличение ее плотности, водопоглощения и набухания.

Прирост качественных показателей древесноволокнистого полуфабриката и готовой плиты при увеличении продолжительности размола до 110...120 с обусловлен разделением щепы на пучки и отдельные волокна, укорочением и фибриллизацией волокна. С дальнейшим ростом продолжительности размола снижается содержание крупного и среднего волокна, а количество мелочи значительно возрастает, что приводит к увеличению степени помола, фракционного показателя качества, плотности, водопоглощения и набухания готовой плиты при одновременном уменьшении ее прочности.

На графике, представленном на рис. 2, а, б видно, что показатель степени помола древесного волокна и фракционный показатель качества помола массы монотонно возрастают при уменьшении зазора между ножами планок и гранями крестовины, достигая своих максимальных значений (соответственно 25,2 ДС и 37 г) при зазоре 0,2 мм, а наилучшие плотность плиты (840 кг/м<sup>3</sup>), водопоглощение и набухание за 24 ч – (соответственно 29,0 и 21,6 %) обеспечиваются при зазоре между ротором и статором, равным 0,7 мм. С дальнейшим уменьшением зазора происходит рост показателей плотности плиты, водопоглощения и набухания за 24 ч, но при этом имеет место повышение ее прочности при статическом изгибе, который достигает своего максимума (37 МПа) при зазоре 0,2 мм. Уменьшение зазора в дальнейшем приводит к снижению прочности плиты при одновременном увеличении остальных показателей.

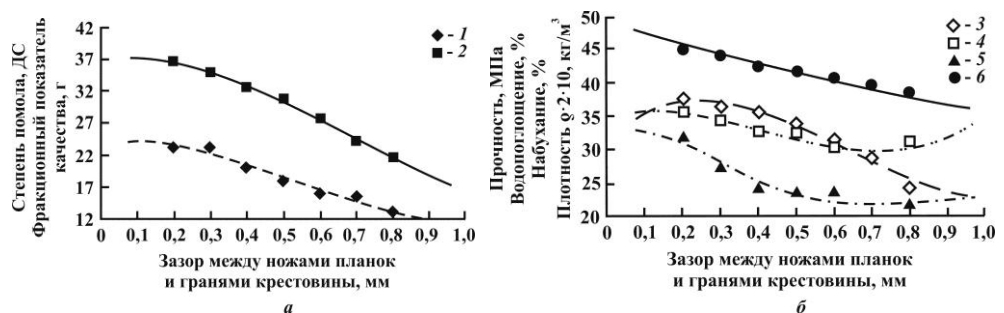


Рис. 2. Зависимость качественных показателей древесноволокнистой массы (а) и показателей физико-механических свойств готовой плиты (б) от зазора между ножами планок и гранями крестовины (см. обозначения на рис. 1)

Рост качественных показателей древесноволокнистой массы и готовой плиты с уменьшением рабочего зазора между гранями крестовины ротора и ножами статора происходит за счет повышения режущего, мнущего и раздавливающего действий размалывающих органов агрегата. Увеличение рабочего зазора между поверхностями ротора и статора приводит к раздавливанию, растиранию, раздергиванию щепы, главным образом, на целые волокна и пучки волокон без существенного их укорачивания. Это ухудшает степень помола и фракционный состав массы, что отрицательно сказывается в дальнейшем на качестве готовой продукции. При визуальном осмотре такая древесноволокнистая масса имеет большое количество неразмолотых волокон, пучков волокон, даже крупных «палочек».

Таким образом, установлено, что плита из древесной массы, полученной в одну ступень размола на рафинере Ц-230, соответствует ГОСТ 4598–86 при продолжительности размола 100...120 с и зазоре между ротором и статором 0,2...0,5 мм. На основании этого можно утверждать, что способ производства древесной массы в одну ступень можно и должно использовать в производстве ДВП по мокрому способу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зырянов М.А., Чистова Н.Г., Лазарева Л.И. Получение древесноволокнистых полуфабрикатов при производстве ДВП мокрым способом // *Древесные плиты: теория и практика: 14-я междунар. науч.-практ. конф.* / Под ред. А. А. Леоновича. СПб., 2011. С. 57-61.

2. Лантев В.Н. Производство древесной массы: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУРП, 2009. 48 с.

3. Ребрин С.П., Мерсов Е.Д., Евдокимов В.Г. Технология древесноволокнистых плит. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 272 с.

4. Солечник Н.Я. Производство древесноволокнистых плит. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Гослесбумиздат, 1963. 338 с.

Поступила 07.10.11

*М.А. Zyryanov<sup>1</sup>, N.G. Chistova<sup>2</sup>, A.P. Chizhov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Lesosibirsk Branch of Siberian State Technological University

<sup>2</sup>Siberian State Technological University

#### **The Properties of Wood Fiber Semi-Product Obtained in Wet Single-Stage Grinding in Hardboard Production**

The paper present the results of studies on the effect of a gap between rotor spider edges and shell knives as well as duration of grinding on quality of semi-finished wood-fiber products obtained in wet single-stage grinding of wood chips in hardboard production

*Key words:* degree of grinding, wood chips, wood fiber, wood-fiber mat, duration of grinding, board strength, water absorption, density, fractional composition.



УДК 625.7.8 + 658

*А.В. Бральнин<sup>1</sup>, А.В. Пластинин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Комитет по бюджету и налогам Собрания депутатов Архангельской области

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Бральнин Андрей Владимирович родился в 1973 г., окончил в 1997 г. Киевский международный университет гражданской авиации, аспирант САФУ, председатель комитета по бюджету и налогам Собрания депутатов Архангельской области. Имеет 4 печатные работы в области строительства лесных дорог.

E-mail: bralnin@aosd.ru



Пластинин Александр Викторович родился в 1948 г., окончил в 1969 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор экономических наук, профессор, директор института экономики и управления САФУ, чл.-кор. РАЕН, засл. экономист РФ. Имеет 80 научных работ в области экономики и менеджмента.

E-mail: a.plastinin@narfu.ru



### **РЕАЛИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ: ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Проанализировано текущее состояние транспортной инфраструктуры лесного комплекса РФ, рассмотрены проблемы реализации государственно-частного партнерства при строительстве лесных дорог. Определен перечень вопросов, которые необходимо решить для обеспечения государственной поддержки развития лесной транспортной инфраструктуры и финансирования строительства лесных дорог.

*Ключевые слова:* государственно-частное партнерство, строительство лесных дорог, инвестиционные проекты, транспортная инфраструктура, инвестиционная привлекательность региона.

По запасам древесины Россия опережает такие страны, как Канада, США и Финляндия, вместе взятые. Но специалисты убеждены, что, как ни велики наши лесные ресурсы, без развития надлежащей транспортной инфраструктуры у российского лесного бизнеса нет будущего. Слабо развитая дорожно-транспортная инфраструктура лесопользования снижает экономическую доступность древесных лесных ресурсов и сдерживает возможности более полного освоения эксплуатационных лесов. Так, в 2007 г. использование расчетной лесосеки в Российской Федерации составило 29,4 % [2].

© Бральнин А.В., Пластинин А.В., 2012

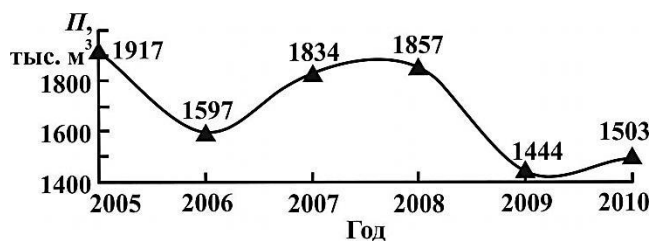


Это, в свою очередь, негативно влияет на инвестиционный (инфраструктурный и ресурсно-сырьевой) потенциал территории, который формирует инвестиционную привлекательность региона. Именно она является определяющим условием активной инвестиционной деятельности, а следовательно, и эффективного социально-экономического развития региональной экономики.

В этом смысле ситуация со строительством лесных дорог в Архангельской области типична: дорог не хватает, сырьевая база вдоль транспортных веток освоена практически полностью, для дальнейшего поддержания даже сегодняшних объемов лесозаготовок необходимо строительство новых лесных дорог, чтобы двигаться в глубь лесных массивов.

В советский период ежегодно строилось до 600 км лесовозных дорог в области. Строительство осуществляли специализированные тресты «Архлестрой», «Севдревстрой» и «Котласлестрой», что позволяло заготавливать до 20 млн м<sup>3</sup> древесины. В 90-е – начале 2000-х гг. ежегодно вводилось в строй не более 40...50 км лесных дорог, в последние годы эта цифра возросла до 300 км. Сегодня при установленной расчетной лесосеке 20 млн м<sup>3</sup> предприятия заготавливают лишь 10...11 млн м<sup>3</sup> древесины, т. е. не многим более половины. В малодоступных северо-восточных районах региона осваивается лишь малая часть спелых и перестойных хвойных лесов. Например, в Лешуконском районе этот показатель составляет около 5 % от расчетной лесосеки.

В прошлом основой транспортной логистики области был сплав древесины по реке в период навигации (в том числе молевой). Однако в настоящее время водный транспорт резко снизил объем перевозки лесных грузов, поскольку молевой сплав запрещен, а главные водные артерии не могут обеспечить проводку плотов и барж с лесом. Этот процесс наглядно иллюстрирует график, представленный на рисунке. В летний период по Северной Двине даже баржи с лесом идут с большим недогрузом. Продолжительность сплавной навигации на основной водной артерии сокращается из-за того, что судовая обстановка устанавливается с опозданием и снимается прежде, чем заканчивается лесосплавная навигация. Хотя объемы перевозок леса по рекам Мезень, Вага, Онега незначительны, но это также требует крупных капиталовложений на их обустройство. Однако прежде, чем отправить лес на судах или в плотях, его надо подвезти по лесовозным дорогам. Кроме того, вывозка по зимникам



Динамика объемов перевозки ( $P$ ) водным транспортом (суда и плоты) заготовленной в 2005–2010 гг. древесины

становится все более неэффективной. Например, из-за потепления климата и недостаточного промерзания почвы период вывозки леса по зимникам уменьшился в среднем на 3...4 мес. Эксперты считают, что эта тенденция сохранится. По информации отдела морских и речных гидрологических прогнозов Севгидромета, аномально теплая погода в ноябре – декабре 2008 г. более чем на месяц задержала образование льда и организацию ледовых переправ.

И все эти проблемы связаны с крайне недостаточным финансированием из федерального центра дноуглубительных работ на реках Архангельской области, а бизнес брать на себя эти расходы не хочет или не может.

Интенсивные лесозаготовки рядом с железной дорогой привели к тому, что в настоящее время железнодорожный транспорт исчерпал свои резервы как транспортная артерия по перевозке древесины. Сегодня перевозка заготовленной древесины осуществляется преимущественно автотранспортом, в некоторых районах области это вообще единственный вид транспорта.

Стратегией развития лесного комплекса РФ до 2020 г. и стратегическими планами корпораций определено территориальное размещение лесопромышленных производств, территориальные балансы производства и потребления древесного сырья и основные точки роста лесного комплекса в Северо-Западном федеральном округе. Например, в городах Архангельск, Новодвинск и Коряжма должен быть сформирован мощный территориальный лесной кластер, включающий лесозаготовку, деревообработку, целлюлозно-бумажное и лесохимическое производства. Но, для гарантированной работы предприятий, входящих в его состав, необходимо решить проблему обеспечения сырьем за счет увеличения объемов заготовок и доставки древесины, что в свою очередь потребует развития транспортной инфраструктуры [3].

Кроме того, лесные дороги выполняют важную природоохранную функцию, обеспечивая сохранность леса от пожара и проведение лесовосстановительных мероприятий. В жаркое и сухое лето 2011 г. большинство лесных пожаров возникло в наземной зоне ответственности за охрану и там, где есть дороги, пожары были ликвидированы оперативно. Недостаток или отсутствие лесных дорог приводили к разрастанию лесных пожаров [1].

Лесные дороги выполняют и некоторые социальные функции, за которые ответственны государственные и муниципальные органы власти. По ним перемещаются люди, перевозятся такие значимые грузы, как продовольственные и промышленные товары.

Сейчас ведение лесного хозяйства передано в регионы, но фактическим собственником леса остается государство. Было бы логично, чтобы вопросами лесной инфраструктуры занималось именно государство, но оно пока стоит в стороне. Поэтому у бизнеса нет выбора: дороги строить надо, и предприятия, которые в состоянии выделить средства на эти цели, их строят. По действующему законодательству затраты на строительство дорог не могут быть отнесены на себестоимость продукции; затраченные средства, а они не малые, предприятие «вынимает» из прибыли. Другая сторона этого вопроса: построив

дорогу, предприятие не становится ее собственником. Это очень серьезный пробел в российском законодательстве [4].

Не ясно, как компенсировать затраты арендатора на строительство лесных дорог. В качестве вариантов – можно снизить попенную плату арендатору, если он сам строил дороги, или сделать их платными для лесоперевозчиков в случае, если они построены инвестором. Другой вариант – государство само строит дороги, а расходы возмещает за счет увеличения попенной платы, или можно привлекает инвестора, который будет потом взимать деньги за проезд лесовозов. На сегодняшний день существующее законодательство не позволяет работать ни по одной из этих схем.

Для решения этой проблемы необходимо найти ту точку, где сойдутся интересы бизнеса и государства, и проработать нормативную базу. При этом нельзя слепо копировать правовую основу успешных в этом отношении государств, России нужен свой комплексный и очень гибкий механизм финансирования, в котором был бы соблюден принцип справедливости для регионов с разными условиями. Ведь у нас есть регионы как с огромными удаленными массивами экономически привлекательных лесов, так и с близкими «плечами» доставок.

Экономическая выгода от строительства лесных дорог очевидна и включает:

- увеличение фактической вырубki годовой лесосеки;
- увеличение реализации древесины;
- дополнительные поступления в бюджетную систему РФ;
- направление дополнительной прибыли предприятий на развитие производства, строительство и содержание дорог, социальные нужды;
- создание новых рабочих мест, что позволит закрепить жителей в лесных поселках;
- увеличение объема лесовывозки на единицу мощности двигателя автомобиля за счет более полной загрузки, использования прицепов и т.д.;
- увеличение эксплуатационной скорости автомобиля на вывозке древесины и, соответственно, их оборачиваемость, т.е. производительность;
- продление межремонтного срока и срока службы автомобильного парка;
- развитие условий для дополнительного размещения и развития предприятий глубокой переработки древесины.

В целях строительства лесных дорог в рамках реализации мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов Федеральным агентством лесного хозяйства в 2008 г. было принято решение о выделении регионам дополнительных субвенций из федерального бюджета в размере 575 млн р. на «исполнение полномочий в области лесных отношений». Среди шести субъектов РФ, которым данные субвенции были запланированы, Архангельская область по распоряжению Рослесхоза № 84-р от 19 декабря 2008 г. получила 72 млн 456 тыс. р., или 12,6 % от общей суммы. Данные меры государственной поддержки развития лесной инфраструктуры в виде прямого

федерального финансирования работ по созданию лесных дорог были реализованы впервые.

При расходовании субвенций должны были быть соблюдены два основных условия:

софинансирование в пропорции 60 на 40 % (не более 60 % выделяет Федерация, не менее 40 % должен привлечь субъект РФ);

наличие проектно-сметной документации на объекты капитального строительства.

Уже на стадии подготовки нормативной базы для реализации данного проекта возникли проблемы. Отсутствует утвержденная нормативная документация на строительство лесных дорог. Лесным кодексом применяется обобщенный термин «лесная дорога», которая по смыслу должна иметь многофункциональный характер, т. е. обеспечивать выполнение мероприятий по организации охраны и защиты лесов, а также по их использованию. Утвержденная нормативная документация по проектированию имеется только на дороги лесохозяйственного назначения.

Кроме того, практика лесопользования показывает, что в целях удешевления работ предприятия не строят дороги по проектной документации, соответствующей требованиям Градостроительного кодекса, СНиПам, ГОСТам и другим нормативным документам по капитальному строительству, относя расходы по дорожному строительству на операционную деятельность.

Поэтому в ходе консультаций и согласований с Рослесхозом был найден компромиссный вариант порядка расходования данной субвенции. Разработано, утверждено губернатором Архангельской области и согласовано с руководством Рослесхоза Временное положение о расходовании выделенных в 2008 г. субвенций федерального бюджета на осуществление органами государственной власти субъектов РФ отдельных полномочий Федерации в области лесных отношений.

Учитывая дефицит средств в областном бюджете, а также особенности регионального лесопользования в Архангельской области, было предложено арендаторам принять участие в долевым финансировании работ по строительству дорог на лесных участках на принципах государственно-частного партнерства.

В соответствии с Временным положением строительство лесных дорог в Архангельской области велось по упрощенной схеме:

для принятия решения об участии арендатора в проекте требовалось предоставить существенно ограниченный объем проектных документов;

допускалось создание лесных дорог с участием федеральной субвенции на арендованных лесных участках;

вводился механизм государственно-частного партнерства в виде обязательств арендатора по софинансированию создания дорог в пропорции 60 на 40 %. Для этого подписывался договор долевого участия о создании лесных дорог противопожарного назначения необщего пользования с каждым из

арендаторов. В договоре доли сторон устанавливались в натуральных единицах, протяженность участков дорог – в километрах, ответственность сторон за несоблюдение условий договора – согласно гражданскому законодательству.

В рамках реализации проекта были определены технические требования к лесным дорогам. Лесной дорогой является категория земель лесного фонда, предназначенная для движения автотранспортных средств при выполнении работ по охране, защите и воспроизводству лесов, транспортировке древесины, иных лесных ресурсов, получаемых при освоении лесных участков, других грузов, необходимых для организации использования лесов.

При этом стоимость строительства 1 км дороги не должна превышать 4 млн р.

Подрядная организация по проведению дорожно-строительных работ определялась путем проведения торгов в соответствии с Федеральным законом № 94-ФЗ от 21 июля 2005 г.

Кроме того, в данном положении было определено, что построенная с участием федеральной субвенции лесная дорога является общей собственностью РФ и юридического лица – арендатора лесных участков, на которых дорога построена. Доли участников общей собственности рассчитывались пропорционально финансовому вкладу сторон в строительство дороги и отражались в соглашении.

Были определены критерии отбора, по которым определялись участники проекта. Основным критерий – наличие инвестиционного проекта, включенного приказом Министерства промышленности и торговли РФ в Перечень приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов. Данный критерий стал определяющим, поскольку средства, выделяемые на создание лесных дорог за счет федерального бюджета 2008 г., были ограничены. В связи с чем были сформированы приоритеты, в соответствии с которыми поддерживали арендаторов, реализующих приоритетные инвестиционные проекты в области освоения лесов, как наиболее активную категорию лесопользователей, которые к тому же достаточно интенсивно ведут дорожное строительство. Кроме того, для участия в процедуре отбора со стороны арендаторов требовалось предоставить комплект проектных документов или разработать его в сжатые сроки, а также подтвердить софинансирование в установленных размерах, т. е. построить часть дороги за свой счет.

По результатам отбора комиссией было принято решение о финансировании из федерального бюджета четырех дорожных объектов на лесных участках Шенкурского, Выйского, Березниковского и Холмогорского лесничеств. Участниками совместного проекта стали ООО «Устьянский ЛПК», ООО «ХарвиСеверЛес», ООО УК «Соломбалалес».

Уже в ноябре 2009 г. была принята первая лесная дорога протяженностью 11,4 км в Шенкурском лесничестве на участке, находящемся в аренде ООО «Устьянский ЛПК». До конца 2009 г. были построены еще две дороги протяженностью 3,0 км в Выйском лесничестве (ООО «ХарвиСеверЛес»),

а также в Березниковском и Холмогорском лесничествах общей протяженностью 2,8 км (ООО УК «Соломбалалес»).

В 2009 г. Архангельской области было выделено дополнительно 114,9 млн р. Таким образом, за счет федеральных субсидий и привлеченных средств в период с 2008 г. по 2010 г. было построено 88,5 км лесных дорог, что можно оценить как первый позитивный шаг в решении обозначенной проблемы. В 2011 г. средств из бюджетов на строительство лесных дорог не выделялось. Данные о финансировании представлены в таблице.

При строительстве лесных дорог на условиях государственно-частного партнерства Архангельская область (как и другие субъекты РФ) столкнулась с рядом проблем:

отсутствие единой нормативной базы, определяющей основные технические параметры и нормативы создания и содержания лесных дорог;

не определен статус лесной дороги, создаваемой за счет субвенций, субсидий, частных инвестиций;

решение о выделении субвенций принималось федеральным центром лишь во втором полугодии текущего года, что значительно осложняло процесс освоения этих средств к концу года;

в связи с ограниченными сроками критерии отбора участников не были глубоко проработаны;

отсутствовало финансирование из областного бюджета; данный опыт имел разовый, не системный характер.

Многие проблемы могут быть сняты в том случае, если будут найдены решения, стимулирующие строительство лесных дорог.

Одним из таких решений, на наш взгляд, могло стать создание регионального дорожного фонда. 6 апреля 2011 г. принят Федеральный закон № 68-ФЗ «О внесении изменений в Бюджетный кодекс РФ и отдельные законодательные акты РФ». Данным законом предусматривается создание дорожных фондов субъектов РФ. Решение о создании регионального дорожного фонда принимается законом субъекта РФ. Формирование регионального дорожного фонда осуществляется за счет доходов от уплаты акцизов на автомобильный бензин и другие виды топлива, доходов от уплаты транспортного налога, а также иных доходов, утвержденных законом субъекта РФ.

#### Развитие лесной инфраструктуры в Архангельской области на принципах государственно-частного партнерства

Годы	Выделено федеральных субвенций, млн р.	Построено лесных дорог, км	В том числе			
			за счет федеральных субвенций		за счет привлеченных средств	
			км	млн р. (фактически израсходовано)	км	млн р.
2008–2009	72,5	31,7	17,2	63,1	14,5	51,6
2009–2010	114,6	56,8	32,8	112,7	24,0	78,6

Одним из таких платежей могла бы стать плата за использование лесов, зачисляемая в региональный бюджет. В порядке использования бюджетных ассигнований дорожного фонда субъекта РФ предлагается средства в объеме перечисленных за использование лесов направить на строительство лесных дорог.

Таким образом, у правительства региона появляется постоянный источник для решения данного вопроса. Но при этом необходимо доработать, а в некоторых случаях разработать перечень нормативных документов, связанных, в том числе, с механизмом и нормативами распределения бюджетных средств на строительство лесных дорог.

Во-первых, необходимо разработать генеральную схему развития сети лесных дорог региона и определить приоритетные транспортные направления, а для этого выяснить намерения крупных частных корпораций. Во-вторых, в областной программе «Развитие и совершенствование сети региональных автомобильных дорог» наметить раздел, предусматривающий строительство лесных дорог, как основание для их финансирования из областного бюджета. В-третьих, разработать и утвердить порядок расходования бюджетных средств направляемых на строительство лесных дорог.

#### *Выводы*

Строительство лесных дорог должно осуществляться на условиях государственно-частного партнерства, т.е. с участием как бюджетных средств, так и финансовых ресурсов частных лесозаготовительных компаний. При этом вопрос, связанный со степенью участия государства и бизнеса в создании лесной транспортной инфраструктуры, должен быть детально проработан, в том числе, и со стороны экономической науки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интервью руководителя Федерального агентства лесного хозяйства «Лесной газете». Режим доступа: <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?t=5295>
2. Настоящее и будущее лесных дорог. Режим доступа: <http://www.lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/916>
3. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса РФ на период до 2020 г. Приказ Минпромторга РФ № 248 от 31.10.2008 г., Минсельхоза РФ № 482 от 31.10.2008 г.: справочная правовая система «Консультант Плюс».
4. Эх, дороги... Режим доступа: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2043>

Поступила 27.06.11

*A.V. Bralnin<sup>1</sup>, A.V. Plastinin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Arkhangelsk Region Assembly, Budget & Taxes Committee

<sup>2</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

**Implementation of Public-Private Partnership in the Sphere of Forest Roads  
Construction: Problems and Practicable Solutions**

The current state of the logistic infrastructure in the forest complex of the Russian Federation has been analyzed. Problems of public-private partnership implementation concerning the forest roads construction are considered. The authors have also formed a list of issues to be solved in order to ensure the state support of the forest products transport infrastructure development.

*Key words:* public-private partnership, construction of logging roads, investment projects, transport infrastructure, investment attractiveness of the region.





УДК 061.75

**ОРГАНИЗАТОР ГОРНОЗАВОДСКОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА  
НА УРАЛЕ (к 235-летию генерал-майора И.И. Шульца (1777 – 1862 гг.))**



Основные заслуги И.И. Шульца относятся к разработке практических приемов ведения лесного хозяйства, организованного им впервые в России. Вместе с тем, он внес творческий вклад в теоретические основы лесоведения и лесоводства, дал подробную характеристику лесоводственно-биологических свойств сосны обыкновенной на Урале: строение ее генеративных и вегетативных органов, особенности семеношения, экологические свойства, особенности роста и развития, формирование сосновых насаждений.

Статья И.И. Шульца «О хозяйстве в сосновых лесах» (1847 г.) [4] явилась итогом его 33-летних наблюдений на Урале, которые он трансформировал в практические приемы ведения лесного хозяйства. Он считал возможным ведение выборочного хозяйства в сосновых лесах при соблюдении следующих условий: рубка леса должна вестись только на участках, назначенных в рубку; в первую очередь должны вырубаться старые суховершинные «не годные к дальнейшему росту» крупные деревья, заглушающие другие близстоящие деревья; рубка должна быть направлена против господствующих ветров и вестись не единичными деревьями, а куртинами для создания условий для роста последующего возобновления сосны; выборочная рубка на участке должна продолжаться в течение 20 ... 30 лет, а участки для проведения выборочных рубок должны назначаться поочередно; строго должны соблюдаться правила заготовки и вывозки древесины, чтобы «не было принесено вреда всходу и молодым деревьям» [4].

При организации выборочного хозяйства Шульц рекомендовал «...вести правильное высокоствольное хозяйство с более или менее продолжительным оборотом рубки, смотря по местным обстоятельствам, и с оставлением на двойной оборот рубки известного числа деревьев для получения толстых строевых и поделочных бревен и брусьев, производя возобновление участков естественно или искусственно».

В целях повышения лесоводственной эффективности рубок главного пользования И.И. Шульц модернизировал существовавшие до того сплошноле-

сосечные рубки «степью» для обеспечения естественного возобновления вырубков. Выборочными он считал все виды рубок, когда древесина вырубается не в один прием; сюда входят «семенные» лесосеки, где в первый прием вырубается половина запаса древостоя, и лесосеки, где оставляются семенные деревья, количество которых колеблется в широком диапазоне. «Семенные» рубки способствовали решению этой задачи, но выборочные («семенные») рубки в реальных экономических условиях ведения лесного хозяйства в горнозаводских лесных дачах Урала не могли найти широкого распространения. Поэтому применение сплошнолесосечных рубок, способных обеспечить возобновление вырубков без смены древесных пород, являлось актуальной задачей уральского лесного хозяйства. При модернизации сплошных рубок Шульц ограничил ширину лесосек до 107 м, ввел чересполосное их примыкание и направление лесосеки под углом 45° к преобладающим ветрам. Такие рубки получили название кулисных и широко применялись в горнозаводских лесах, способствуя решению поставленной лесоводственной задачи возобновления вырубков хвойными породами.

И.И. Шульц дифференцировал интенсивность и сроки проведения «семенных» (лесовосстановительных) рубок, меры содействия естественному возобновлению леса и приемы искусственного лесовосстановления в зависимости от лесорастительных условий. По своей сути это лесотипологический подход к проведению лесоводственных мероприятий, хотя и в его начальной форме.

Дифференциация интенсивности рубок («число вырубленных и оставляемых деревьев») и продолжительность первого приема лесовосстановительной рубки была предложена им в целях стимулирования естественного возобновления леса (сокращения «времени, в течение которого всход должен быть выставлен свободному действию света») в зависимости от типов почв сосняков: свежие супесчаные («суглинисто-супесчаные»), подверженные сильному задержанию; песчаные слабозадержанные или покрытые «лишайками»; влажные «черноземно-песчаные почвы около вод» [4].

На почвах первого типа И.И. Шульц рекомендовал назначать рубку в семенной год «для полного обсеменения почвы, потому что такая почва (после рубки леса) очень легко и скоро зарастает травой и обнажение ее впоследствии стоит многих трудов и издержек». Это правило лесоводства было сформулировано им впервые более полутора веков назад.

В семенной лесосеке Шульц рекомендовал оставлять только семенные деревья; «оставление на корню части древостоя в целях предотвращения повреждения всходов от засухи не оправдано (отчего густотою деревьев предотвратить всход бывает невозможно), всходы всегда лучше растут на свободе». По его мнению, оставшимся после рубки древостоем «всегда причиняется всходу больше вреда, нежели самой травой». На узких лесосеках, где возможно дополнительное обсеменение вырубки от примыкающих стен леса, он рекомендовал оставлять 16 ... 20 семенных деревьев на одну десятину, на широких лесосеках для полного обсеменения – 60 ... 80 деревьев 120-летнего возраста. При этом семенные деревья он рекомендовал убирать постепенно, по мере надежного обсеменения площади.

«На тощей песчаной почве, которая может превратиться в летучий песок» (второй тип почв), «надлежит придерживаться других правил». Здесь, как считал И.И. Шульц, надо стремиться в первую очередь не к «возвращению наилучших деревьев, но... чтобы почва не теряла своего перегноя и не превращалась в летучий песок. Следовательно, ее надлежит держать более закрытой лесом». В соответствии со сформулированными выше теоретическими положениями он предложил следующие основные требования к рубке леса на песчаных почвах: «чтобы лесосеки были малы и окружены крупным лесом; чтобы опушки леса, прилежащие к летучим пескам, были сохраняемы неприкосновенными» до облесения вырубки. Семенники, оставляемые на вырубке, должны удаляться постепенно в течение 6 ... 8 лет [4].

На влажной почве сосна имеет поверхностную корневую систему и подвержена ветровалу, «по этой причине лесосеки назначаются меньше, рубка ведется с противной стороны главных господствующих ветров, опушки леса остаются неприкосновенными и семенные деревья располагаются не слишком отдельно друг от друга. Эта почва обыкновенно обсеменяется очень легко, всход растет на ней очень скоро, мало повреждается засухой и требует рано свободы». На влажных почвах Шульц в семенной год рекомендовал вырубать от 1/2 до 2/3 деревьев, а через один год после обсеменения лесосеки убирать остальной древостой. «Места необсеменившиеся засеваются семенами или засаживаются молодыми деревцами, выкопанными с густых мест всхода».

Рубку леса и вывозку древесины он рекомендовал производить в зимний период независимо от типа почв, «при глубоком снеге и в теплую погоду», чтобы предупредить повреждение всходов и подроста предварительной генерации.

Несмотря на то, что инструкцией Канкрин «искусственное разведение лесов признается способом, принадлежащим более к изыятиям, и употребляется только при необходимости», несравненно больше внимания уральские лесоводы XIX в. уделяли, именно, искусственному лесовосстановлению. В сложившихся на Урале двух центрах лесокультурного производства (горнозаводские леса и леса в имении графов Строгановых) применяли различные организационно-технологические приемы создания лесных культур.

Основная концепция И.И. Шульца при организации посевов леса заключалась в том, «чтобы держаться тех способов, которые сама природа нам предлагает». Основываясь на этой концепции, он разработал уральскую технологию посева леса местами, отвергнув из лесоводственных и экономических соображений известный до того способ посева по сплошь раскорчеванной и обработанной почве.

И.И. Шульц дал подробное обоснование преимуществ и условий применения искусственного возобновления леса. После подробного описания особенностей применения выборочных рубок («семенными лесосеками») как меры содействия естественному возобновлению сосновых лесов он пишет: «Сплошная вырубка лесосек и возобновление их искусственным образом там, где древесный материал имеет большую ценность и где нет недостатка в рабочих,

предпочитаются рубке семенными лесосеками, потому что а) сосна при совершенно открытом положении растет лучше, нежели в отенении; б) на лесосеках можно выкапывать пни с корнями; в) выигрывается прирост нескольких лет, особенно при посадке саженцев 4- или 5-летних; г) успех в равномерном и своевременном облесении лесосек менее зависит от случайных благоприятных факторов» [1]. Эти преимущества проявляются лишь в лесорастительных условиях, где естественное возобновление затруднено или невозможно. И далее: «Посев сосны, как и прочих пород, во многих случаях обходится дешевле посадки, но не представляет такой вероятности в успехе, как посадка».

И.И. Шульц дает подробное наставление по заготовке семян и оценке их качества: «Признаки худых семян заключаются в наружной порче, в неестественном цвете, неестественной величине, в легкости и т. п. Чтобы определить количество худых семян по признакам, должны некоторые семена разрезать или сравнивать величину их с величиной хороших, или взвесить и по числу худых в данном количестве делать заключение об отношении хороших и худших. Но заключение о доброте семян по признакам часто может быть ошибочно. Гораздо вернее определить доброту семян и находить отношение хороших к худшим, посеяв несколько семян в цветочных горшках или ящиках и замечать, сколько из них взойдет. Если из посеянных 100 семян взойдут все или останется не более пяти невсхожими, то семена считаются хорошими. Если же из них взойдет только 75 семян, то во всем количестве будет 3/4 хороших и 1/4 худых» [2].

И.И. Шульц разработал необходимые рекомендации по сбору и переработке шишек и очистке семян. Он модернизировал технологию посевов леса и применил ее в больших объемах на площади до 16 тыс. га. До него посевы леса в России производились по сплошь обработанной почве; этот способ требовал огромных энергозатрат и большого расхода семян. Он предложил производить отжиг вырубок с последующим посевом семян вразброс и их забораниванием коленчатой бороной. Позднее он внедрил посев семян посевными местами изобретенной им ручной сеялкой, что позволило кардинально снизить трудозатраты и расход семян и многократно повысить объемы посевов леса [1].

Обобщая накопленный лесокультурный опыт, И.И. Шульц писал: «Почву под посев сосны готовят весьма различно, смотря по тому, какой она имеет покров и как будет произведен посев. Если почва покрыта мхами, лишаями или имеет другой какой-либо негустой покров, который можно уничтожить граблями или бороной, то для посева чистыми семенами достаточно вздрать почву граблями или пройти по ней несколько раз бороной вдоль и поперек. Где почва такого рода, что она может быть употреблена год или два под посев хлеба, она готовится (под лесные культуры) без всяких издержек. Обыкновенно на таких почвах (суглинистых) в первый год сеют гречиху, а во второй – рожь. В марте или апреле второго года между рожью, предполагая негустой посев ее, можно сеять и сосну чистыми семенами; тогда сосновый всход будет весьма хорошо защищен негустым хлебом, который после сжинают серпом, оставляя довольно высокое жниво. Когда же сосну

сеют после хлеба, тогда землю уже более не вспахивают, а семена сеют под борону». Так И.И. Шульц изложил модифицированный им способ посева леса с покровной культурой по сплошь обработанной почве [1].

При использовании частичной обработки почвы под лесные культуры «почву, не очень переплетенную корнями, готовят под посев сосны плугом или сохой бороздами, которые проводят друг от друга фута на 4. Чистые семена, посеянные в бороздах, покрывают землю посредством мотыги. Мотыгой и лопатой приготавливают почву для посева сосны бороздами и местами. Ширина борозд и расстояние между ними могут быть различны. Обыкновенно же борозды проводят от 1 до 3 футов шириной, от 3 до 6 футов друг от друга».

На «худых землях» Шульц рекомендовал готовить почву ямками «дюймов на 18 глубиной» и заполнять ямки хорошей почвой. Величина ямок «от 3/4 до 4 и 6 кв. футов; обыкновенно же места готовят в 1 кв. фут величиной и на 4 ... 5 футов расстояния одно от другого». На засоренных местах посадочные места «приготавливают обширнее и часто корытообразно».

И.И. Шульц изобрел специальную ручную сеялку. «На почве, покрытой пнями и заросшей разными сорными растениями, можно сеять чистые сосновые семена особой сеялкой, которой в то же время можно взрыхлять землю и покрывать семена землей. Имея несколько таких сеялок, можно производить посев сосновых семян, употребив к тому несколько человек, которые расстанавляются на известных расстояниях друг от друга по прямой линии, действуют все вместе в один раз сеялками, потом подвигаются шага на два вперед все вместе в один раз, опять действуют сеялками, потом опять подвигаются вперед и т.д.» И.И. Шульц замечает, что «при посеве этой сеялкой успех зависит от навыка действовать ей и очень много от случая, потому что семена падают на землю не все прямо на обнаженные места и не все покрываются в надлежащей мере землей при взрывании ее железными зубьями. Впрочем, иногда посевы этой сеялкой удаются очень хорошо». Внедрение ручной сеялки Шульца позволило вести лесокультурные работы в производственных масштабах, обеспечив посев леса в горнозаводских лесных дачах Урала на площади до 15 тыс. га [1].

Наряду с разработкой лесоводственных приемов ведения лесного хозяйства, И.И. Шульц впервые в России выполнил лесоустройство в 53 казенных и посессионных горнозаводских лесных дачах на площади свыше 8 млн. га по Инструкции Е.Ф. Канкрин. Устройство лесов предваряла топографическая съемка, выполненная на Урале впервые. Для повышения точности инвентаризации лесов он предложил глазомерный способ таксации леса дополнить результатами перечислительной таксации, внедрив «пробные десятины», ставшие прообразом пробных площадей – основного способа современной таксации леса. Число последних в квартале было принято равным 3, а в лесах расстроенных – 4. Он разработал специальную ведомость, в которой предусматривалось распределение деревьев на пробной десятине по породам и ступеням толщины, вычисление запаса древесины [2].

Устройство горнозаводских лесов началось в 1832 г. Лесная дача делилась в направлениях север–юг и запад–восток взаимно перпендикулярными разрубленными просеками на 4 части (подлесничества), которые в свою очередь делились на дистанции (объезды) и обходы. Требовалось вести рубку ежегодно в каждой части в равном количестве. В казенных заводских лесах квартальная сеть устраивалась через 2,1 км, в посессионных – через 4,3 км. Нумерация кварталов велась отдельно в каждом подлесничестве. Результаты таксации леса записывались в журнал, где отмечались древесные породы, возраст древостоя, расстроенность леса рубками, наличие подроста, подлеска и общее состояние насаждений. Перечет деревьев на пробных десятинах производился, начиная с диаметра ствола 13,3 см. Такая древесина была пригодна для углежжения. Высота деревьев измерялась на разрабатываемых лесосеках, запас древесины вычислялся по таблицам Пфайля, применявшимся в Пруссии. Вычислялся и ежегодный прирост древесины, который являлся одним из основных показателей возможных объемов лесопользования; прирост являлся, по сути, годичной расчетной лесосекой, определявший ежегодный размер пользования.

Лесоустройство по И.И. Шульцу осуществлялось в расчете на полный оборот рубки 100 лет. На этот срок и производилась нарезка лесосек; такая практика не оправдала себя, в дальнейшем от нее отказались.

В начале 1835 г. И.И. Шульц представил в Горное правление на утверждение две таблицы и просил указаний о порядке оценки состояния лесов и исчисления ежегодной потребности леса для нужд горнозаводской промышленности. Эти таблицы Горным правлением были представлены на утверждение министру финансов Е.Ф. Канкрину, который в 1836 г. «имел счастье докладывать Государю Императору извлечение из них о том, что сделано в заводах в отношении приведения лесов в известность, и Его Величество на докладной записке по этому предмету соизволил отметить собственноручно: «Дело самое необходимое и преполезно».

Министр финансов, рассмотрев представленную Шульцем «таблицу прироста лесов Уральских заводов, изволил найти, что принятый в лесу размер, по которому от всех сортов от 20- до 100-летнего возраста предположено прибыли (прироста древесины) с одной десятины 87 кубических футов, основателен. Поэтому его сиятельство и разрешил при исчислении прироста лесов Уральских заводов руководствоваться правилами, по которым составлена таблица Шульца». Эта таблица была разослана на казенные заводы в 1841 г.

И.И. Шульц в своих ответах на замечания горных начальников казенных округов по материалам лесоустройства отмечал несостоятельность их доводов о сложностях составления планов ведения лесного хозяйства, регулирующих вопросы лесопользования. В рапортах Шульцу окружные лесничие докладывали о состоянии лесоустроительных работ и составлении планов ведения лесного хозяйства.

По казенным заводам по состоянию на 1857 г. было описано 25 лесных дач на площади 4 084 731 десятина, по частным заводам – 28 дач на площади

3 299 178 десятин (общая площадь лесов, подведомственных Горному департаменту, составляла 8 286 636 десятин), в которых для оценки лесов заложено всего 32 518 пробных десятин.

По окончании лесоустройства были представлены планы и описания по 25 казенным и 28 посессионным заводам: генеральных планов – 98, специальных планов – 57, таблиц – 155.

25 генеральных карт с описанием казенных лесных дач были переданы Горному правлению для представления в Министерство финансов, столько же было передано в Горное правление специальных карт с полевыми журналами, абрисами, ведомостями исчисления площадей в каждом квартале и на пробных десятинах. Позднее Горному правлению были представлены 25 генеральных карт на дачи частных заводов в двух экземплярах со всеми сведениями, как и по дачам казенных заводов. Вместе с ними переданы 34 таксационные и 4 общие таблицы о наличии лесов. Кроме того, для министра государственных имуществ представлено 47 генеральных карт на все описанные дачи казенных и частных заводов, 34 подробные таблицы и 2 общие, показывающие отдельно наличие лесов по каждому заводу.

Шульц сообщал, что для сведения и руководства заводоуправлений он передал «форштаксационные таблицы» и предложил главному начальнику Уральских горных заводов дать указание заводоуправлениям о недопустимости переуба исчисленных лесоустроителями годовых расчетных лесосек с тем, чтобы был выдержан определенный лесоустройством срок эксплуатации заводов, «и чтобы сам порядок рубок способствовал возобновлению леса, ... и тогда при соблюдении всего этого утвердительно можно сказать, что заводам лесов достаточно будет на вечные времена, и они не будут терпеть в том недостатка» [2].

И.И. Шульц много сил отдал совершенствованию углежжения, повышению выхода угля и снижению расхода древесины, разработал способ углежжения, позволивший превзойти полученные за рубежом показатели. Но по ряду причин он был не в силах быстро и кардинально изменить сложившееся положение, выполняя эту задачу постепенно и с большими трудностями. Это же относится к внедрению печного углежжения.

Позитивной стороной уральского способа можно считать организацию центрального углежжения с применением сплава леса. Такая организация позволяла использовать удаленные массивы леса, совершенствовать технологию стационарного углежжения и снижать стоимость угля.

Лесохимия на Урале возникла при попытке предпринятого И.И. Шульцем поиска альтернативных источников топлива, в частности торфа. Урал по праву является родиной лесохимии в нашей стране, а И.И. Шульц – ее основателем [3].

Оценивая деятельность Шульца на Урале, нетрудно заметить ее основную особенность – природоохранную направленность. Он умел сочетать обеспечение заводских нужд в древесине с сохранением и приумножением экологической функции лесов как части природной среды, обеспечивающей жизнь человека.

Он провел большую организаторскую работу по внедрению мер экономии древесины, организации охраны заводских лесов от пожаров. И.И. Шульцу обязан Урал развертыванием массового строительства каменных зданий и сооружений. Всего этого он добился часто вопреки желанию управителей заводов, опираясь лишь на поддержку министра финансов России Е.Ф. Канкрин и грозного начальника Уральских горных заводов генерал-лейтенанта В.А. Глинки.

Основной методологический принцип И.И. Шульца в организации лесного хозяйства – соответствие лесоводственных приемов лесорастительным условиям и экономическим возможностям ведения лесного хозяйства. Он понимал, что только при таком подходе лесоводственные мероприятия будут наиболее эффективными. Концептуальный подход к организации посевов леса «держаться тех способов, которые сама природа нам предлагает», применим ко всей системе его взглядов на ведение лесного хозяйства. Вспомним вновь в этой связи «семенные» и кулисные рубки И.И. Шульца, разработанные им с учетом биологии леса и призванные решить проблему естественного возобновления хвойных лесов на Урале. Его усилия по экономии древесины в строительстве, отоплении и углежжении, направленные на минимизацию вмешательства человека в природу леса, также укладываются в его основную концепцию ведения лесного хозяйства на Урале. Он достиг максимально возможных результатов своей деятельности в конкретных условиях, по праву став основателем не только уральского, но и российского лесного хозяйства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чернов Н.Н.* Лесокультурное дело на Урале: становление, состояние, пути дальнейшего развития. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2002. 319 с.
2. *Чернов Н.Н.* Творческое наследие уральских лесоводов XIX – начала XX вв. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2001. 579 с.
3. *Шульц И.И.* О переугливаннии торфа и об извлечении из него продуктов для приготовления мыла и спирта. 1847.
4. *Шульц И.И.* О хозяйстве в сосновых лесах. 1847.

***Н.Н. Чернов***

Уральский государственный  
лесотехнический университет

***N.N. Chernov***

Ural State Forestry Engineering University

**Organizer Gornozavodsky Forestry in the Urals  
(by 235 years maj. gen. I.I. Schultz (1777–1862))**





## КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

### **РЕШЕНИЕ ВСЕРОССИЙСКОГО СИМПОЗИУМА (КОНФЕРЕНЦИИ) «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИТУНДРОВЫХ ЛЕСОВ», организованного учеными-лесоведами Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова и СЕВНИИЛХ (4–9 сентября 2012 г., г. Архангельск)**

Постановка вопроса о состоянии и использовании ресурсов притундровых лесов, протянувшихся по северному фасаду стран северной Евразии, Канады и Аляски (США), вызвана ухудшением положения этого природного образования, выполняющего важнейшие экосферные (климатозащитные, ландшафтоформирующие, средоподдерживающие) и незаменимые социально-демографические функции.

На огромных пространствах Субарктики лесная растительность притундровых лесов и лесотундры выполняет роль своеобразного каркаса экосистем всех уровней. Образуя основные потоки биологических круговоротов, лесные сообщества в жестких природных условиях Крайнего Севера выступают в качестве эдификаторов всех биологических образований, определяют среду обитания сотен видов растений и животных. Весьма важно, что лес обеспечивает жизненный уклад, традиционные направления хозяйствования, приемлемые условия проживания этносам малочисленных народов.

Пространства притундровых лесов – сырьевая база для сбора пищевых лекарственных дикоросов, база оленеводства, объект охотничьих и рыболовных промыслов, без которых северяне жить не могут. Одновременно – это база заготовки древесины (топлива и строительного материала) для местного населения.

Выполнение притундровыми лесами экосферных и социально-демографических функций – основное условие устойчивого развития северных территорий: по решению Международного Совета (Рейкьявик, 2011 г.) эти леса включены в Единый Евроазиатский центр стабилизации окружающей среды. Их состояние и использование взято под контроль международной общественности. Утрата лесов региона может повлечь за собой экологические катастрофы как регионального, так глобального уровней. Формирование лесных экосистем на Крайнем Севере происходило столетиями, для их восстановления потребуются времени не меньше.

Выделенная в 1959 г. на пространствах Субарктики специальным постановлением правительства Российской Федерации (РФ) полоса лесов климатозащитного назначения требовала установления достаточно определенного «щадящего» режима использования природных ресурсов, поскольку природа региона весьма уязвима, особенно по отношению к техногенному воздействию.

Несмотря на отсутствие должной поддержки государства, ученым удалось расширить и углубить представления о природе лесных экосистем этого региона, об особенностях функционирования, строения и функциях крайне

северных лесов. Значимый вклад в изучение природы и хозяйственной сущности этой своеобразной зоны внесли ученые Архангельска, С.-Петербурга, Красноярска, Москвы, Московской и Мурманской областей, Екатеринбурга, Сыктывкара, Хабаровска, Благовещенска, Магадана, Тюмени, Уссурийска, Ухты, Южно-Сахалинска, Якутска и др.

В ряде докладов симпозиума отмечен определенный прогресс в деле расширения и углубления представлений о природе, функционировании лесных сообществ Крайнего Севера, роли лесов в обеспечении экологической безопасности промышленных районов Мончегорска, Таймыра, Ненецкого автономного округа (НАО), Ямала.

Учеными приведено немало свидетельств о нарастании негативных явлений в притундровой зоне, фактов масштабной детериорации лесных земель, последовательного сокращения лесистости, снижения устойчивости лесных сообществ к экстремальным условиям среды. Показаны убедительные данные о возрастании горимости лесов и площадей пожаров, гибели лесов от загрязнения атмосферы и почвы, нарушения гидрологических условий ландшафтов, механических повреждений. Во многих районах нарастает вал почвенной эрозии, следствием чего служат явления опустынивания, отундрования, заболачивания, образования валунных полей. Не снижается ущерб лесам от неупорядоченного оленеводства, нарушения режима хозяйствования в условиях вечной мерзлоты. Ущерб природе наносит непрекращающееся сжигание попутного газа. Наиболее сложная ситуация складывается на Колыме, в ряде районов Мурманской и Магаданской областей, НАО, Норильске, Северо-Западном Приуралье (Республика Коми), на Камчатке и Ямале.

Указывалось, что под самыми разными предлогами практически не прекращаются запрещенные Лесным кодексом промышленные рубки лесов. Промышленная лесозаготовка в Магаданской и Мурманской областях, Западном Предуралье (Республика Коми) проводится уже около 100 лет. Темпы разрушения притундровых лесов возросли в последние десятилетия под валом экспансии пространств Севера отраслями нефтегазового сектора, нарастания объемов золотодобычи, расширения освоения месторождений алмазов. Пространства Крайнего Севера для руководства страны остаются по-прежнему «мало значащими окраинами», где законы природопользования соблюдать необязательно.

Участниками симпозиума отмечено, что леса Субарктики оказались брошенными на произвол судьбы, лесное хозяйство в притундровой зоне по существу разрушено, а леса, оставшиеся без присмотра специалистов, разграбляются, уничтожаются пожарами, деградируют. Подчеркивалось, что беды, обрушивающиеся на притундровые леса России, – это не частный случай, а звенья одной цепи в лесохозяйственной политике правительства. Существенно, что лесоводство, в том числе, на пространствах Субарктики, в отличие от многих других отраслей, не только не противостоит политике природосбережения, но исповедует экологические законы, т.е. руководствуется законами рационального использования ресурсов и сохранения природы.

Выступающие отмечали, что психология временщиков в последние десятилетия стала правилом для всех уровней руководства, забыты императивы

Конституции страны о рациональном природопользовании, не только о бережном использовании лесов, других возобновляемых ресурсов, но и богатств недр, которые, как все природные ресурсы, принадлежат не только сегодняшнему поколению, но и грядущим.

Леса Субарктики, подверженные сегодня экспансии природоразрушающими отраслями, по-прежнему остаются мало изученными. Научные силы лесоводов раздроблены по многим научным организациям, отсутствует единая согласованная программа. Федеральное руководство лесами не уделяет должного внимания исследованиям. Недостаточная изученность не позволяет осваивать природные ресурсы лесов на принципах рациональности и природосбережения. Применение лесоводственных приемов, разработанных в условиях тайги, на Крайнем Севере оказывается неэффективным. С особой осторожностью необходимо проводить организацию хозяйства в лесах криолитозоны.

Леса на территориях многих районов уже не состоят в состоянии выполнять свои как экосферные, так и социально-демографические функции. Россия на глазах теряет последнюю массивную территорию сравнительно еще чистых пространств, которые в век планетарных катастроф и катаклизмов представляют бесценный капитал не только для страны, но и для планеты в целом.

От докладчиков поступили конкретные предложения по устранению отмеченных многочисленных фактов бесхозяйственного отношения к лесам Крайнего Севера, исправлению допускаемых перекосов в организации отрасли природопользования, прекращению грубого разрушения природы.

1. Необходима консолидация всех сил северных научных организаций, прежде всего тех, которые имеют заделы в исследовании природы и опыт хозяйствования в лесах Субарктики. В связи с большими различиями в природных условиях и функциях лесов по географическим секторам, необходима нацеленность на региональные подходы, но на основе согласованной единой концепции.

2. Основопологающими принципами, требующими разработки «Систем лесохозяйственного производства в притундровых лесах», следует принять всемерное природосбережение, комплексность использования с учетом региональных приоритетов, многофункциональность, дифференциацию мероприятий на формационной ландшафтно-типологической основе, применение региональных комплексов научно обоснованных нормативов.

3. Одним из важнейших условий интенсификации исследований и выстраивания научных основ притундрового лесоводства является организация обстоятельной инвентаризации лесов по единой методике с уточнением по регионам их миссии на дальнюю перспективу.

4. Учитывая истощенность лесов рубками, пожарами и принимая во внимание нарастающие масштабы деградации экосистем под прессом техногенеза, отундрования и заболачивания лесных земель, необходимо расширять полосы притундровых лесов климатозащитного назначения, прежде всего, на пространствах Евро-Уральского сектора, Красноярского края, Магаданской области.

5. Важной задачей науки в плане изучения и подтверждения климатозащитных функций притундровых лесов следует признать необходимость использования современных инструментальных и измерительных приемов,

методов расчетов атмосферных процессов. Необходимо привлечь к этим исследованиям практику оценки роли ландшафтной организации пространств притундровой зоны – законы ландшафтного лесоводства.

6. Руководству субъектов Федерации принять меры к возвращению статуса самостоятельности экологической экспертизе. Экспертную оценку экологов должны проходить все проекты, связанные с природопользованием. При принятии экспертных решений следует учитывать мнение общественности. Проекты с высоким экологическим риском должны проходить общественные слушания. Общественного обсуждения требуют и действующие проекты, такие как нефтегазовые предприятия, Североалмаз и др.

7. Органам власти Мурманской, Архангельской и Магаданской областей, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов, Красноярского и Камчатского краев, республик Карелия и Коми предлагается внести изменения в лесные планы, лесохозяйственные регламенты и проекты освоения лесов в части ограничения использования притундровых лесов; повысить требования к проведению экологической экспертизы проектов природопользования в притундровых лесах и общественных слушаний; провести комплексные обследования морского побережья для выявления наиболее опасных в экологическом отношении подвижных песков и оценить возможности их рекультивации.

В целях предотвращения или снижения негативного влияния на природную среду техногенных нагрузок при добыче полезных ископаемых обязательным условием недропользования в притундровых лесах должно быть проведение мониторинга природных экосистем в зонах освоения месторождений полезных ископаемых.

8. До определения научно обоснованных границ притундровой полосы в целях ограничения природопользования принять предложения ученых о включении в текст лицензий на недропользование лимиты на вовлечение природных экосистем в промышленное освоение: в лесорастительных районах притундровой полосы – не более 10 %, в северной тайге вне криолитозоны – до 20 %. При отводе земель под промышленные объекты следует ограничивать предоставление покрытых лесом участков. Необходимо повысить требования к недропользователям по проведению полноценных эффективных приемов рекультивации нарушенных и загрязненных земель.

9. Для обеспечения лесного хозяйства притундровых территорий квалифицированными кадрами необходимо организовать подготовку специалистов (лесоводов и экологов) из местного населения. Лесотехническому институту (ЛТИ) САФУ по согласованию с руководством заинтересованных субъектов РФ целесообразно проработать конкретные предложения на этот счет.

10. Одобрить работу кафедры лесоводства и почвоведения ЛТИ САФУ, включившей в учебную программу подготовку магистрантов по специальности «Рациональное природопользование в Субарктике» и организовавшей подготовку учебного пособия «Основы притундрового (субарктического) лесоводства».

11. Требуется интенсификация деятельности лесохозяйственных и государственных экологических служб. Лесоводы и природоохранные организа-

ции не используют возможность повышения статуса защитности посредством исполнения положений проектов освоения лесов, лесохозяйственных регламентов и лесных планов. В ряде этих документов по областям и регионам не обозначены задачи природосбережения, сохранения окружающей среды лесоводственными приемами, задачи лесовозобновления.

12. Лесохозяйственным органам необходимо принять действенные меры по прекращению в притундровых лесах промышленных рубок, проводимых под предлогом истощения сырьевой базы таежных районов. Одной из задач притундрового лесоводства является осуществление рубок ухода с использованием древесины исключительно на местные нужды. В «Системах лесохозяйственных мероприятий» большинства регионов важное место должны занять рубки ухода, рубки реконструкции в перестойных, теряющих свои защитные функции насаждениях, а также лесовосстановление. Требуется упорядочение санитарных рубок, устранение практики злоупотребления, осуществляемых под предлогом ухода за лесом.

13. Сохранность притундровых лесов должна представлять первостепенный интерес для коренного и местного населения. Необходимо организовать использование лесов таким образом, чтобы укрепить социальное положение коренных народов и местного населения, обеспечить улучшение их благосостояния. Региональная экономическая политика на лесных землях региона должна быть направлена не только на лесное дело, но и на развитие сельского хозяйства, оленеводства, рыболовства, охоты. Необходимо рассмотреть вопросы ограничения или полного запрещения промышленной заготовки древесины в этом регионе и сделать ставку на ее заготовку местным населением с последующей первичной переработкой и использованием в регионе. Вполне возможна заготовка и переработка древесины фермерскими и крестьянскими хозяйствами (развитие агролесной индустрии).

14. В числе наиболее приоритетных направлений лесохозяйственной деятельности остается охрана лесов от пожаров и защита от повреждений. Необходимо повысить эффективность систем охраны и защиты экосистем на основе космических технологий.

*В.Ф. Цветков*

Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова

*V.F. Tsvetkov*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

**Resolution of the Symposium “The Recent Problems of Sub-tundra Forests”,  
held by silviculturists of the Northern (Arctic) Federal University named after  
M.V. Lomonosov in consort with the Northern Research Institute of Forestry  
Scientists (Arkhangelsk, September 4<sup>th</sup> – 9<sup>th</sup> 2012)**

---



## ПАМЯТИ УЧЕНЫХ

**ИВАН МИХАЙЛОВИЧ БОХОВКИН**  
**(к 100-летию ректора Архангельского лесотехнического института)**

В феврале 2012 г. в Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова отметили 100-летний юбилей бывшего ректора Архангельского ордена Трудового Красного Знамени лесотехнического института (АЛТИ) Ивана Михайловича Боховкина, жизнь которого почти 40 лет была связана с этим вузом.

Он родился 16 февраля 1912 г. в с. Бярятино Калужской губернии, в крестьянской семье. После окончания Мещовской средней школы, которая имела педагогический уклон, молодой выпускник был направлен заведующим школой первой ступени в одну из деревень Смоленской области. Через год он поступил в Рязанский педагогический институт на химическое отделение и по окончании, как указано в выпускном свидетельстве, «допущен к преподаванию химии в техникумах, рабфаках и школах десятилетках» [3, л. 11]. Свою преподавательскую деятельность Иван Михайлович продолжил в Малоярославецком педагогическом техникуме, уже через год стал аспирантом кафедры неорганической химии Воронежского государственного университета, где успешно совмещал учебу в аспирантуре и исследовательскую работу с преподавательской деятельностью. В 1937 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук по теме «Электропроводность, вязкость и удельный вес в системах из иодидов и нитратов серебра и таллия в расплавленном состоянии».

Молодой ученый был направлен на должность заведующего кафедрой химии Красноярского педагогического института. Там он получил звание доцента, там исполнял обязанности декана факультета естествознания и химии, там познакомился со своей будущей женой, оттуда был призван в ряды Красной Армии, выполнял спецзадание на р. Халкин-Гол, поэтому в 1969 г. был награжден медалью «30 лет Победы на реке Халкин-Гол».

После увольнения в запас в декабре 1940 г. Иван Михайлович перебирается в Архангельск и работает заведующим кафедрой общей и аналитической химии АЛТИ. С ним приезжают жена Юлия Ивановна (долгие годы она будет работать рядом с мужем) и маленький сын Владислав (впоследствии он закончит факультет промышленной теплоэнергетики АЛТИ, будет работать на производстве, первым секретарем Архангельского обкома ВЛКСМ, зав. отделом науки Архангельского обкома КПСС, затем в аппарате ЦК КПСС; в настоящее время Владислав Иванович проживал в Москве)

Продолжение преподавательской деятельности в АЛТИ оказалось осой страницей биографии Ивана Михайловича, страницей, опаленной Великой

Отечественной войной. Уже в первые дни не призванные в армию преподаватели формируются в народное ополчение и проходят военную подготовку, одним из руководителей этой подготовки был доцент Боховкин. В этот период научные исследования химика Ивана Михайловича связаны с вопросами оборонного значения. В декабре 1941 г. он и зав. кафедрой органической химии В.М. Никитин получают благодарность Военного совета Архангельского военного округа «за проявленную инициативу и проведенную большую работу по разработке самовоспламеняющейся жидкости для воспламенения бутылок с горючим, применяемых для борьбы с танками, и гремучей ртути». В соавторстве с зав. кафедрой механической обработки древесины Г.С. Кончевским он подготавливает инструкцию по производству спичек. В лаборатории химико-технологического факультета, оборудованной в бывшем гараже, налаживается выпуск горючих жидкостей, противохимических пакетов, зажигалок и тех самых спичек.

21 марта 1942 г. приказом по Наркомлесу «за достигнутые результаты в оборонной исследовательской работе и за организацию спеццехов и цехов по обслуживанию нужд населения» И.М. Боховкина награждают значком «Отличник социалистического соревнования лесной промышленности». В январе 1943 г. приказом директора института Г.Ф. Рыжкова в числе других работников института доц. Боховкин «выделяется» на работы «для подвозки круглого леса с лесосклада института, распиловки на балочный брус в лесопильном цехе и доставки готовых сортиментов на площадку».

Но главное – это все-таки подготовка специалистов. В январе 1944 г. Иван Михайлович становится деканом лесохимического (впоследствии химико-технологического) факультета. В этой должности он пробудет до сентября 1952 г., когда будет назначен заместителем директора института по учебной и научной работе. В 1944 г. в соавторстве с Ю.И. Боховкиной и В.Н. Ульяновской (ее Иван Михайлович сменил на посту заведующего кафедрой) он издает «Руководство для лабораторных работ по неорганической химии». В сентябре 1944 г. «за плодотворную работу по подготовке инженеров лесной промышленности» Наркомат лесной промышленности СССР награждает Боховкина Почетной грамотой. В числе большой группы сотрудников института Иван Михайлович награжден медалью «За доблестный труд в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.».

Послевоенный период для И.М. Боховкина был связан с новыми изысканиями. Под его руководством исследованы Ненокские соляные источники, их генезис, максимальная производительность, а также изучена растворимость мочевины в присутствии других солей с целью использовать их в качестве минеральных удобрений. В 1949 г. за успешную работу в деле подготовки квалифицированных кадров для лесного хозяйства и в связи с 20-летием АЛТИ Иван Михайлович награжден орденом «Знак Почета».

1950–1979 гг. считаются периодом интенсивного развития института [1, с. 66]. В 1952 г. Иван Михайлович становится заместителем директора

по учебной и научной, а в 1954 г. – по учебной работе. Совершенствуется учебно-методическая деятельность вуза. Резко возрастает прием студентов. Открываются новые факультеты. Для школьников проводятся конкурсные олимпиады по химии, физике и математике, победители которых получают преимущественное право поступления в институт. В 1950-х – начале 60-х гг. строятся новые здания института (лаборатория тяговых машин, четырехэтажный корпус Проблемной лаборатории, студенческое общежитие, столовая, жилой дом для преподавателей).

АЛТИ становится первопроходцем освоения компьютерной техники в Архангельске. В этом проявляется организаторский талант ректора Федора Ивановича Коперина и его первого помощника – проректора Боховкина. Дважды в этот период его труд был удостоен медали «За трудовую доблесть» (1953 г. и 1961 г.). В 1963 г. он становится профессором.

В декабре 1965 г. решением бюро обкома КПСС Иван Михайлович Боховкин утвержден в должности ректора одного из крупнейших лесотехнических вузов страны и будет возглавлять его тринадцать лет до внезапной кончины (6 февраля 1979 г.). Приказом по Министерству лесной промышленности в апреле 1966 г. профессор Боховкин награжден значком «За сбережение и приумножение лесных богатств РСФСР», в 1967 г. – орденом Трудового Красного Знамени.

Это был очень плодотворный период его деятельности. Он продолжал читать лекции. После разделения в 1968 г. кафедры общей и аналитической химии на две – возглавил кафедру физической и коллоидной химии [6, с. 63]. Им были подготовлены новые учебные пособия, совершенствовался лекционный курс физической химии, особое внимание уделялось самостоятельной работе студентов. В характеристике, подписанной проректором П.Н. Львовым, секретарем партбюро Б.А. Порядиным и председателем месткома Л.С. Чивиксиным в 1971 г., указывалось, что ректор Боховкин «уделяет большое внимание улучшению учебного процесса, где большое место занимает сетевое планирование, метод программированного обучения, а также использование технических средств. Помимо применения электронно-вычислительных машин, машин программированного контроля, на многих кафедрах используются простейшие приборы-репетиторы. Институт выступил инициатором и провел общегородскую конференцию по научной организации учебного процесса. На базе АЛТИ в 1971 г. прошло научно-методическое Всесоюзное совещание по химической технологии древесины. Для молодых преподавателей организуются семинары по общим вопросам педагогики высшей школы, новым стандартам и основам патентоведения [3, л. 29].

Дважды в этот период (1975 г. и 1978 г.) за заслуги «в подготовке квалифицированных специалистов для отрасли на трехгодичном отделении вуза» он награждается Почетной грамотой Министерства лесной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР. В 1971 г. Иван Михайлович избран членом научно-технического совета Министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности.



Научная деятельность Ивана Михайловича была направлена на решение актуальных проблем использования природных ресурсов Севера и совершенствование технологии переработки древесины. В 70-е гг. его кафедра проводила исследования по хоздоговорной тематике, изучая состав вод буровых скважин при поисковых геологоразведочных работах на Крайнем Севере и состав вод бассейнов лесопильных предприятий г. Архангельска. Эти работы имели большое значение для предотвращения загрязнения бассейна р. Северная Двина.

Он продолжил изучение коррозии сплавов металлов в агрессивных средах, исследовал ингибиторы из продуктов химической переработки древесины, межмолекулярное взаимодействие между веществами, получаемыми из древесины. При его участии открыто более ста новых комплексных соединений в жидкой и твердой фазах, методами физико-химического анализа установлен их состав. Его статьи публиковались в журналах Академии наук СССР («Журнал общей химии», «Журнал прикладной химии», «Журнал физической химии»), Академии наук Латвийской ССР («Химия древесины»), в ИВУЗ «Лесной журнал», в сборниках научных работ АЛТИ. В 1975 г. вышло его пособие «Химическая термодинамика и основы физико-химического анализа».

Он осуществлял научное руководство аспирантами. В 1968 г. в аспирантуру к профессору И.М. Боховкину поступил Б.К. Семенов. В 1970 г. учитель и ученик получили авторское свидетельство СССР на способ изготовления синтетических клеевых смол конденсацией фурфурола с флороглюцином. В 1972 г. Б.К. Семенов защитил диссертацию и продолжил работу в родном институте. Аспирантами Ивана Михайловича были доктор химических наук, профессор К.Г. Боголицын, ныне проректор по научной работе САФУ, директор Института экологических проблем Севера, заведующий кафедрой, которую когда-то возглавлял Боховкин; доктор химических наук, профессор кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства САФУ Ю.Г. Хабаров; Л.В. Гусаков более 20 лет возглавлял научно-исследовательский сектор АЛТИ–АГТУ, в настоящее время руководитель отдела планирования и сопровождения научно-исследовательских проектов САФУ, и др.

Все годы ректорства Иван Михайлович был ответственным редактором «Лесного журнала», возрожденного в 1958 г. в серии «Известий высших учебных заведений», а в настоящее время – одно из признанных в научном сообществе научных изданий, вошедших в список реферируемых журналов ВАК. Здесь он опубликовал более 60 статей. Его первые публикации появились еще в конце 50-х гг. Это были материалы о VIII Менделеевском съезде и совместная с Е.О. Витман статья о физико-химических исследованиях двойных систем. В начале 1962 г. им опубликована статья «Ломоносов и некоторые вопросы развития лесохимической промышленности». Большинство его статей посвящены результатам проводимых на кафедре исследований.

Одной из первых публикаций Ивана Михайловича в должности редактора «Лесного журнала» становится статья «Архангельский лесотехнический институт – культурный и научно-технический центр на Европейском Севере»,

опубликованная в преддверии 50-летия Советской власти (1967 г., № 5), в первом номере за 1968 г. – статья «Развитие лесной промышленности и лесного хозяйства в 1968–70 гг. и задачи науки». В начале 1970-х гг. ректор Боховкин публикует еще ряд статей о жизни института совместно с профессором Е.С. Романовым; затем будут его статьи о развитии высшей школы («Высшая школа выходит на новые рубежи» (1972 г., № 5), «Готовить разно-сторонне образованных специалистов» (1973 г., № 4), «О некоторых вопросах дальнейшего совершенствования подготовки специалистов с высшим образованием» (1974 г., № 3)).

Он пишет статьи и о роли лесной промышленности (1975 г., № 4), о проблемах лесной высшей школы в борьбе за технический прогресс (1976 г., № 1) и новом этапе борьбы за комплексное использование древесины (1976 г., № 5). В 1978 г., когда журналу исполнилось 20 лет, ответственный редактор И.М. Боховкин писал по этому поводу: «Комплексный, системный подход к проблемам леса – отличительная черта «Лесного журнала», единственного в нашей стране периодического печатного органа, охватывающего всю лесную проблематику. Эта комплексность в наибольшей степени соответствует духу развития современной науки, когда ее отрасли все более взаимно соприкасаются и проникают друг в друга, а наиболее интересные и важные открытия делаются на стыках разных наук... «Лесной журнал» издается Министерством высшего и среднего специального образования СССР. Поэтому на его страницах публикуются прежде всего материалы научных исследований, проводимых в вузах..., в отличие от производственных журналов [он] освещает вопросы методики и постановки экспериментов, что является хорошей школой и для начинающих ученых и для студентов» [5, 6].

Иван Михайлович публикует в журнале статьи совместно со своими аспирантами и коллегами: «Физико-химические исследования взаимодействия фурфурола с фенолом и его нитропроизводными» (1969 г., № 5, совм. с Б.К. Семеновым), «Об устойчивости комплексов диметилацетамида и диаметилсульфоксида с фенолом в присутствии фурфурола (1970 г., № 6, совм. с Б.К. Семеновым и А.А. Прибытковой), «Исследование кинетики окисления компонентов сульфитных варочных растворов в обратимых окислительно-восстановительных системах» (1976 г., № 6, совм. с К.Г. Боголицыным, Г.Ф. Прокшиным, В.Г. Крунчаком и А.Г. Родичевым), «Устройство для быстрого размола небольших количеств сухих материалов» (1978 г., № 4, совм. с Ю.Г. Хабаровым и Г.Ф. Прокшиным) и др.

Уже после смерти И.М. Боховкина в журнале будут опубликованы его совместные статьи с аспирантами и молодыми коллегами: «Потенциометрический метод определения двуокиси хлора в технологических растворах» (1979 г., № 2, совм. с В.Г. Крунчаком, К.Г. Боголицыным, А.П. Писаревским, М.П. Полозовой, В.Е. Романенко, Б.С. Терехиным, Е.П. Фесенко), «Окислительный потенциал сульфатных черных щелоков и сточных вод варочно-промывного цеха» (1979 г., № 3, совм. с В.Г. Крунчаком, К.Г. Боголицыным,

Е.П. Фесенко, В.В. Пальчевским, К.Д. Ширко, Т.И. Львовой), «Изучение взаимодействия сульфатного лигнина с феррицианидом калия методом ИК-спектроскопии» (1980 г., № 1, совм. с Г.Ф. Прокшиным, Ю.Г. Хабаровым, И.В. Хазовой). Перечень приведенных имен дает возможность понять, какой действенной была поддержка заведующего кафедрой, профессора, ректора для будущих ученых и коллег.

Иван Михайлович был организатором нового строительства в институте. В 1975 г. введен в строй второй учебный корпус, строятся два девятиэтажных общежития и 129-квартирный дом для преподавателей. При нем появилась своя поликлиника, санаторий-профилакторий, загородная база отдыха на р. Илас.

Он активно поддерживал деятельность общественных организаций: институтского комитета комсомола, профсоюзного комитета. В апреле 1966 г. на расширенном заседании бюро комитета ВЛКСМ выступил секретарь институтского комитета комсомола Михаил Шеметов с вопросом о формировании студенческого стройотряда (ССО). Идея была поддержана и всеми собравшимися, и ректором. Так, на базе лесотехнического института, были созданы первые ССО в Архангельской области.

В актовом зале института проходили концерты известных и мало кому тогда известных исполнителей. Там пел Борис Штоколов, начинающая Алла Пугачева, в 1968 г. состоялся концерт Владимира Высоцкого. В том же 1968 г. был создан студенческий клуб, куда вошел уже знаменитый СТЭМ – студенческий театр эстрадных миниатюр. Клуб объединил пятьдесят кружков и пять вокально-инструментальных ансамблей, в 1970 г. он занял второе место в смотре-конкурсе среди вузов РСФСР.

Иван Михайлович был активным общественным деятелем. Избирался членом Архангельского горкома и обкома КПСС, депутатом Архангельского областного Совета депутатов трудящихся. Он был первым председателем Совета ректоров архангельских вузов, с 1958 г. по 1965 г. возглавлял областную организацию общества «Знание», в 1961–68 гг., на II и III съездах общества «Знание» РСФСР, избирался членом республиканского правления общества, в 1977 г. – делегатом VI Всесоюзного съезда этого общества.

Боховкин участвовал в организации и проведении Ломоносовских чтений. В 1970 г. на вторых чтениях «Ломоносов – наша гордость и слава» Иван Михайлович выступал с докладом «Ломоносов и развитие химии». Он, в частности, отметил, что «...начиная с 1741 г., когда появилась первая работа «Элементы математической химии», и до конца своей жизни М.В. Ломоносов никогда не переставал заниматься химией. Химия во времена Ломоносова была на начальной стадии развития. Она представляла скорее искусство. М.В. Ломоносов превращает химию в точную науку..., дает ясное представление о химии, которое совпадает с нашими современными воззрениями...»

[4, л. 98]. Докладчик остановился на важнейших достижениях химической промышленности в нашей стране, особенно на актуальных проблемах ее развития на Севере. В 1972 г. в Северо-Западном издательстве вышла брошюра И.М. Боховкина «Ломоносов и химия».

В 1971 г. за успешное выполнение заданий пятилетки по подготовке специалистов для народного хозяйства ректор Боховкин награжден орденом Октябрьской Революции.

В 1974 г. решением Архангельского горисполкома было возобновлено присвоение звания «Почетный гражданин города Архангельска». В числе первых четырех граждан, наряду с Героями Социалистического Труда А.И. Вешняковым, М.М. Кузнецовым, А.И. Поповым, это звание было присвоено и ректору АЛТИ. Выступая с ответным словом от имени награжденных И.М. Боховкин сказал: «Год от года хорошеет наш Архангельск – творение рук людей. Он будет еще лучше, еще краше. И, несомненно, будут полниться ряды его почетных граждан... Мы ответственно заверяем: сделаем все возможное, чтобы оправдать оказанное доверие, чтобы и впредь оставаться примером для молодых горожан...» [2].

К концу 70-х гг. АЛТИ стал многопрофильным техническим учебным заведением Европейского Севера с 10 факультетами, где обучалось около 7,5 тыс. студентов. На 42 кафедрах работало 500 преподавателей, 40 % из которых имели ученые степени и звания. В течение ряда лет вуз являлся участником ВДНХ. В 1970 г. институт, руководимый И.М. Боховкиным, по всем показателям занял второе место среди лесотехнических вузов Российской Федерации, в 1975 г. за организацию научно-исследовательской работы по итогам Всесоюзного смотра-конкурса – второе место среди технических вузов страны, в 1978 г. по итогам соцсоревнования – первое место среди лесотехнических вузов страны.

Иван Михайлович не дожил до юбилея АЛТИ нескольких месяцев. Но то, что было им сделано, по достоинству оценили коллеги и студенты, отмечая полувек юбилей вуза...

В главном корпусе института есть аудитория его имени, при входе во второй корпус открыта мемориальная доска. В третьем томе Поморской энциклопедии «Экономика Архангельского Севера», вышедшем в 2006 г., в разделе «Выдающиеся люди, внесшие наибольший вклад в развитие экономики Архангельского Севера», есть статья, посвященная проф. Боховкину.

Прошли годы. Архангельский лесотехнический институт стал государственным техническим университетом, с июня 2010 г. – Северным (Арктическим) федеральным университетом имени М.В. Ломоносова. Продолжается славная летопись вуза, в которую навсегда вписано имя одного из плеяды тех, кому университет обязан своим развитием, – имя ректора, профессора, Почетного гражданина г. Архангельска Ивана Михайловича Боховкина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архангельский государственный технический университет (1929–1999)/Под ред. Т.А. Гурьева. 2-е изд., перераб. и доп. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2001. 414 с.
2. *Болевский Л.* Первые почетные//Правда Севера, 25 нояб. 1974.
3. ГААО. ОДСПИ. Ф. 296, оп. 9, дело 1402.
4. К пользе и славе Отечества. Архангельск, 2003. 312 с.
5. На переднем крае лесной науки//Лесн. журн. 1978. № 2. С. 3–4. (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Химико-технологический факультет Архангельского государственного технического университета. 1930–2005/Под ред. С.И. Третьякова. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. 112 с.

*С.А. Коваль*

Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова

*S.A. Koval*

Northern (Arctic) Federal University  
named after M.V. Lomonosov

**Ivan Mikhailovich Bokhovkin**

**(on the occasion of 100<sup>th</sup> Birthday Anniversary of the Rector of the Arkhangelsk Forestry Engineering Institute)**

---



## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630\*161.4(049.3)

*Н.М. Бызова*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

### ВСЕ О ТАЙГЕ

В 2011 г. вышел фотоальбом Н.А. Бабича «Тайга Беломорья», в которой дано красочное описание таежных лесов Архангельской области, сыгравших существенную роль в судьбе многих поколений северян. Перед читателями Николай Алексеевич предстает не только как ученый, но и как творческая личность.

Книга имеет разделы, каждый из которых настраивает читателя на восприятие, пусть и знакомого с детства, но всегда нового и сказочно красивого северного леса.

В начале книги тайга Архангельской области представлена как «удивительная коллекция растений» из более чем 470 видов, совершенных и разноликих творений природы со своим очарованием и своей тайной. Их красоту и уникальность умножают северные озера – волшебные зеркала, овеянные славой многочисленных древних легенд. Сколько любви и восторга автор книги вкладывает в описание таежной охотничьей избушки, олицетворяющей народные традиции и излучающий теплоту натруженных рук мастера, доброту его сердца.

Тайга Беломорья никого не оставляет равнодушным. В ней всегда присутствует что-то притягивающее и магическое, вдохновляющее художников и поэтов на создание удивительных произведений. Н.А. Бабич приводит описания тайги из произведений А. Чехова, Л. Леонова, К. Паустовского, Л. Толстого, которые, как и каждая строчка стихов северных поэтов Н. Рубцова, О. Фокиной, В. Кортаева, передают таежный целебный воздух, его смолистую свежесть, шелест листвы и пение птиц, подтверждая, что лес – это не просто сообщество растений и животных, а загадочный, еще не до конца познанный мир.

Великолепным дополнением к тексту является иллюстративная часть книги. Фотографии Н.А. Бабича оживляют многие страницы и даже могут быть представлены в отдельном фотоальбоме о красоте северной тайги. Николай Алексеевич, живя в согласии с самим собой и природой, воспринимает окружающий его мир душой и щедро делится с читателем радостью увиденного.

В книге «Тайга Беломорья» каждое слово или фотография – это преклонение перед хрупкой красотой северной природы, реками и озерами, растениями и животными, которые символизируют разнообразие и богатство окружающего нас мира.

Следует отметить и техническую сторону проделанной работы. Редактирование и подбор фотографий еще раз подтверждают высокий профессиональный уровень автора.

В юбилейном для профессора Н.А. Бабича году хочется от всей души пожелать ему дальнейших творческих успехов!

*N.M. Byzova*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

**Everything regarding the Taiga**

---

---

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»  
в 2012 г.**

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Аткина Л.И., Игнатова М.В.** Особенности распределения листовой поверхности у яблони ягодной, рябины обыкновенной, клена ясенелистного, боярышника кровавокрасного в городских посадках г. Екатеринбурга. №6-32.
- Бабиков Б.В.** Расход влаги с осушенных лесных болот. №1-14.
- Бабич Н.А., Гельфанд Е.Д., Мелехов В.И., Клевцов Д.Н.** Возрастное изменение показателей надземной фитомассы культур сосны северной подзоны тайги. №2-50.
- Беляев В. В., Клевцов Д.Н., Барбин А.И., Дружинин Н.А.** Выбор площадей для успешного воспроизводства ели в связи с распространением заморозков на территории Архангельской области. №4-16.
- Беляева Н.В., Грязькин А.В.** Трансформация структуры молодого поколения ели после проведения несплошных рубок. №6-44.
- Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н.** Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа. №2-58.
- Бессчетнова Н.Н.** Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной. №4-48.
- Богачев Ю.К., Штинева А.А.** Система добровольной лесной сертификации PEFC как инструмент исключения нелегально заготовленной древесины из торгового оборота. №6-52.
- Болотов И.Н., Сурсо М.В., Филиппов Б.Ю., Гофаров М.Ю., Тараканов А.М.** Изменения древостоев в изолированных лесных островах на востоке Большеземельской тундры за последние 100 лет в условиях меняющегося климата. №5-30.
- Германова Н.И., Медведева М.В., Мамай А.В.** Динамика разложения листового опада в среднетаежных насаждениях Карелии. №1-24.
- Гусев В.Г., Дубовый В.К., Лопухова Е.Л., Ирищян В.А.** Метод оценки минимального расстояния от опорной полосы до кромки пожара при пуске отжига. №5-38.
- Дебков Н.М.** О влиянии строения культур сосны обыкновенной на их товарную структуру. №4-64.
- Демина Н.А., Файзулин Д.Х., Наквасина Е.Н., Артемьева Н.Р.** Уточнение границ лесосеменного районирования сосны на Европейском Севере. №3-51.
- Дружинин Ф.Н.** Надземная фитомасса подпологовой ели после комплексных рубок. №3-19.
- Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А.** Растительный опад в коренном ельнике и лиственнично-хвойных насаждениях. №3-7.
- Жигунов А.В., Бондаренко А.С., Николаева М.А.** Первые результаты отбора элитных деревьев ели европейской в Ленинградской области. №3-43.
- Захаров А.Ю., Наквасина Е.Н.** Результаты трехприемных рубок ухода в смешанных сосняках со вторым ярусом ели. №5-52.
- Золотарева Е.В., Самошкин Е.Н.** Видовой состав и состояние древесных интродуцентов в насаждениях г. Орла. №3-33.
- Колмогорова Е.Ю., Кайдорина В.А., Неверова О.А.** Морфофизиологическая оценка состояния березы повислой в условиях действия выбросов автотранспорта. №2-20.



- Коновалов В.Н., Зарубина Л.В.** Влияние дозы азота при подкормках на отток  $^{14}\text{C}$ -ассимилятов у сосны в сосняках лишайниковых. №1-7.
- Лобанов А.И., Вараксин Г.С.** Влияние способа посадки и микрорельефа на рост и состояние вяза приземистого в полезащитных лесных полосах сухостепной зоны Хакасии. №2-28.
- Мазуркин П.М.** Закономерности разновозрастного сосняка по диаметру стволов для рубок поколений деревьев. №2-42.
- Мингалева Н.А., Пестов С.В., Загирова С.В.** Жизненное состояние и биоповреждения листьев интродуцированных деревьев и кустарников в зеленых насаждениях города Сыктывкара. №4-25.
- Монсеев Н.А.** Леса и лесной сектор Архангельской области: историческая роль и место в национальной лесной политике России. №4-7.
- Нагимов З.Я., Артемьева И.Н., Нагимов В.З.** Структура и динамика надземной фитомассы сосновых древостоев лишайникового типа леса. №5-60.
- Наквасина Е.Н., Барабин А.И.** Практическое приложение прогнозирования климатических изменений для лесного семеноводства на Европейском Севере. №5-14.
- Новоселов А.С.** Воздействие среднего диаметра ствола на смолопродуктивность сосновых древостоев на торфяных почвах после лесохозяйственных мероприятий. №6-37.
- Овсянникова Н.В., Феклистов П.А., Худяков В.В., Третьяков С.В., Мерзленко М.Д., Гельфанд Е.Д.** Влажность древесины деревьев ели в черничном типе леса. №2-53.
- Пахучий В.В.** Факторы динамики сосновых насаждений на объектах осушительной гидромелиорации в республике Коми. №4-40.
- Петрик В.В., Дроздов И.И., Васильева Н.Н., Кутакова Н.А.** Содержание биологически активных веществ в плодах различных видов барбариса при выращивании в условиях Европейского Севера. №5-67.
- Разин Г.С.** О законах и закономерностях роста и развития, жизни и отмирания древостоев. №1-18.
- Романов Е.М., Нуреева Т.В., Еремин Н.В.** Обоснование критериев и показателей перевода лесных культур в режим ускоренного лесовыращивания. №5-7.
- Сергиенко В.Г., Соколова О.И.** Динамика живого напочвенного покрова и естественное лесовозобновление на вырубках. №2-35.
- Сергиенко В.Г.** Перспективы развития охраняемых природных территорий северо-востока Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин. №3-25.
- Силкин П.П., Екимова Н.В.** Теоретическая оценка влияния содержания кальция в клеточных стенках годичных колец хвойных на результаты рентгеновской денситометрии. №3-37.
- Сунгурова Н.Р., Сунгуров Р.В.** Выращивание культур сосны на луговиковой вырубке северной подзоны тайги. №4-56.
- Сурсо М.В., Барзут О.С.** Можжевельники Пятигорья и Приэльбрусья: краткая морфологическая характеристика и особенности роста. №2-7.
- Сурсо М.В., Барабин А.И., Болотов И.Н., Филиппов Б.Ю.** Весеннее развитие пыльцы у лиственницы сибирской в северной подзоне тайги. №6-7.
- Тарасов П.А.** Оценка влияния смены сосны березой на свойства почв в условиях Приангарья. №2-14.
- Терин Н.Н., Терин А.А., Магасумова А.Г.** Каймовые рубки как метод сохранения и восстановления коренных хвойных древостоев. №6-24.

- Торбик Д.Н., Феклистов П.А., Тараканов А.М., Мочалов Б.А., Третьяков С.В.** Экотонный эффект в лесных сообществах, пройденных коридорными рубками ухода. №5-46.
- Федюков В.И., Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М.** Ранняя диагностика технического качества подростка как важный элемент интенсификации лесопользования в России. №6-16.
- Харченко Н.А., Корчагин О.М.** Экология естественного семенного возобновления дуба черешчатого и развитие порослевых дубрав Центральной лесостепи (обзор проблемы, часть I). №5-22.
- Цандекова О.Л.** Фенологические особенности древесных видов в условиях действия выбросов автотранспорта. №4-33.
- ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ
- Афоничев Д.Н., Морковин В.А., Занин А.А.** Дифференцированный расчет объемов земляных работ по элементам земляного полотна на участках малых насыпей. №1-33.
- Афоничев Д.Н., Рыбников П.С.** Размещение разворотных петель на лесовозном усе. №6-72.
- Голенищев А.В., Панычев А.П., Шавнина М.В.** Измерение точности установки ходовых колес кранов мостового типа. №6-66.
- Камусин А.А., Левушкин Д.М.** Исследование адгезионных свойств модифицированных битумов. №3-67.
- Камусин А.А., Левушкин Д.М.** Повышение прочности дорожных покрытий лесовозных автомобильных дорог. №5-72.
- Кручинин И.Н.** Формирование снежного наката с заданными свойствами на лесовозных автомобильных дорогах. №1-38.
- Кручинин И.Н.** Повышение эксплуатационного состояния лесовозных автомобильных дорог. №3-63.
- Лобанов В.Н.** Оценка опорных свойств гусеничных лесных машин при работе на слабых почвогрунтах. №4-77.
- Миляев А.С.** Прогнозирование параметров промерзания слоистых оснований зимних лесовозных дорог по текущим значениям метеоданных. №5-78.
- Миляев А.С.** Алгоритм расчета промерзания слоистых оснований зимних лесовозных дорог. №6-80.
- Морозов В.С., Беляев И.Н.** Оценка и моделирование сортовых характеристик сухостойных стволов ели обыкновенной, произрастающей на территории Архангельской области. №2-75.
- Морозов В.С.** Распределение сжимающих напряжений в основании из мерзлого торфа. №3-58.
- Морозов В.С.** Расчет на прочность оснований зимних дорог на заболоченных грунтах. №6-58.
- Орловский С.Н., Карнаузов А.И.** Теоретические предпосылки к обоснованию параметров и режимов работы роторных рабочих органов. №4-70.
- Старжинский В.Н., Гагарин Д.Р.** К расчету звуковой мощности оборудования лесного комплекса с ударными нагрузками. №2-70.
- Федулов В.М., Барабанов В.А.** Результаты исследования гидродинамических характеристик плотов из плоских сплоченных единиц. №4-83.
- Шегельман И.Р., Васильев А.С., Лапатин А.Ю.** Анализ процесса групповой окорки при положительной и отрицательной температурах. №2-65.
- Якимов В.А., Мясищев Д.Г.** Постановка задачи оптимизации компоновки лесного посевного агрегата на шасси 3-1/1. №5-88.
- МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА  
ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ
- Агеев С.П., Дерягин Р.В., Копейкин А.М., Богданович Н.И.** Вероятностное описание показателей энергоиспользования лесопильных рам. №2-83.

- Антонов А.В., Петрушева Н.А., Алашкевич Ю.Д.** Получение огнезащитных древесноволокнистых плит. №4-99.
- Архипов А.С., Лапшин Ю.Г., Тулузиков Д.В.** Прочность древесностружечных плит в мебельных конструкциях. №2-106.
- Гамрекели М.Н.** Эффективность сушки древесной стружки с применением на второй стадии воздуха, осушенного охлаждением. №4-91.
- Горин О.И., Горбунов В.А., Колибаба О.Б., Самышина О.В.** О влиянии влажности твердых бытовых отходов, содержащих древесину, на температурный режим термической переработки. №3-95.
- Дерягин Р.В., Уткин В.С., Пиир А.Э., Алексеев А.Е.** Решение задачи виброизоляции двухэтажных лесопильных рам. №3-84.
- Дорняк О.Р.** Математическое моделирование процесса сушки древесины. №5-100.
- Копейкин А.М., Задраускайте Н.О., Турушев В.Г., Гельфанд Е.Д.** К вопросу автоматизирования определения дефектных участков на пиломатериале. №3-72.
- Кремлева Л.В., Малыгин В.И., Пестов Н.А.** Методика определения оптимальной пространственной ориентации цилиндрических заготовок с большими отклонениями формы и размеров. №1-63.
- Куницкая О.А., Шапиро В.Я., Бурмистрова С.С., Григорьев И.В., Земцовский А.Е.** Обоснование исходных требований математической модели обезжизивания древесины в процессе прессования и сушки. №1-70.
- Мюллер О.Д., Мелехов В.И., Любов В.К., Герасимчук Д.Л., Попов А.Н.** Экспериментальный стенд для исследования процессов прессования древесных гранул. №1-42.
- Мюллер О.Д., Малыгин В.И., Любов В.К.** Влияние параметров технологического оборудования на качественные показатели древесных гранул. №2-90.
- Памфилов Е.А., Лукашов С.В., Прозоров Я.С.** Модель механохимического разрушения деталей оборудования для производства технологической стружки. №5-108.
- Плотников С.М., Лурье М.С.** Моделирование движения плоской древесной частицы при ориентировании. №6-89.
- Пономарев О.С., Гиндулин И.К., Юрьев Ю.Л.** Брикетирование некондиционного древесного угля. №2-103.
- Пошарников Ф.В., Усиков А.В., Серебрянский А.И.** Применение композиционного материала на основе полимера в узлах трения деревообрабатывающего оборудования. №4-104.
- Прокофьев Г.Ф., Гельфанд Е.Д., Ульяновский И.Е.** Возможность применения ленточного полиспаста в грузоподъемных механизмах лесопромышленного комплекса. №2-99.
- Рощина С.И., Лукин М.В., Лабудин Б.В., Мелехов В.И.** Расчет коммитных деревоклееных балок на основе применения инженерного метода. №3-90.
- Сергеевичев В.В.** Математическая модель процесса прокатки древесных материалов в валковых прессах. №1-55.
- Суровцева Л.С., Старкова А.В., Турушев В.Г., Копейкин А.М., Земцовский А.Е.** Анализ оценки качества экспортных пиломатериалов различных стандартов. №2-112.
- Суровцева Л.С., Старкова А.В., Богданович Н.И., Пиир А.Э., Земцовский А. Е.** Анализ признаков древесины различных стандартов экспортных пиломатериалов. 1. Анализ основного сортобразующего порока древесины. №3-76.

Турушев В.Г., Дерягин Р.В., Гельфанд Е.Д. Проблемы производства товарных пиломатериалов. №1-47.

Шарапов Е.С., Чернов В.Ю. Исследование процесса сверления древесины с использованием устройства сбора данных NI USB 6008. №6-96.

#### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Алимписев Э.Л., Казаков Я.В., **Комаров В.И.** Расчет регрессионных моделей для оптимизации управляемого АСУТП технологического процесса производства крафт-лайнера. №4-129.

Байбородин А.М., Воронцов К.Б., Богданович Н.И. Коагуляционная очистка сильно-загрязненного стока ДПП-3 ОАО «Архангельский ЦБК». №4-144.

Боголицын К.Г., Аксенов А.С., Паламарчук И.А., Бойцова Т.А., Бровко О.С., Хвилюзов С.С., Левандовская Т.В., Варламов В.П. Модификация лигносульфонатов и оценка возможности их комплексобразования с хитозаном. №1-80.

Бойков Л.М., Нечаев Н.С. Показатели эффективности работы сушильных установок бумагоделательных и картоноделательных машин. №6-127.

Васильев В.В., Быстрова В.В., Розенкова И.В. Исследование свойств кремнийорганических гидрофобизаторов для древесных плит. №6-119.

Васильева Е.И., Смолин А.С., Удовенко О.А., Шабиев Р.О. Особенности определения показателя катионной потребности в волокнистых гидросуспензиях. №4-122.

Галиханов М.Ф., Мусина Л.Р. Изменение физико-механических свойств гофрокартона при его покрытии полиэтиленом. №5-143.

Демидов М.Л., Гурьев А.В. Разработка и оптимизация режимов варки полуцеллюлозы из осины. №5-134.

Дернов А.И., Дьякова Е.В., Гурьев А.В. Оценка прочности целлюлозных волокон. Прямые методы испытаний. №1-94.

Зубов И.Н., Хвилюзов С.С., Лобанова М.А., Гусакова М.А., Боголицын К.Г. Влияние абиотических факторов на формирование лигноуглеводной матрицы древесины можжевельника. №1-113.

Зырянов М.А., Чистова Н.Г., Чижов А.П. Свойства древесноволокнистых полуфабрикатов, полученных в одну ступень размола при производстве ДВП мокрым способом. №5-147.

Иванов Б.К., Глухих В.В. Оценка линейных связей между результатами измерений выделения формальдегида из фанеры различными методами. №4-138.

Короткий В.П., Великанов В.И., Богданович Н.И., Рошин В.И., Водопьянов И.Ф., Чечет И.В. Разработка новых технологий получения лекарственных форм для ветеринарной медицины на основе живицы сосновой. №5-125.

Куров В.С., Тихонов Ю.А. Турбулентный ротор повышает эффективность сортирования макулатурной массы. №2-117.

Куров В.С., Мидуков Н.П., Никифоров А.О., Коваленко М.В., Мандре Ю.Г., Аким Э.Л. Установка для экстракции арабиногалактана из древесины лиственницы на базе роторно-пульсационного аппарата. №5-117.

Липин И.В. Кинетика гипохлоритного окисления остаточного лигнина. №1-103.

Литвинов В.В., Ширшиков В.И., Пнялкин В.Н. Химия и технология брикетирования древесного угля. №6-101.

Мальцев Г.И., Радионов Б.К., Вершинин С.В. Исследование реологических свойств волокнистых суспензий. №2-122.

**Новожилов Е.В., Суханова Г.П.** Влияние экстрактивных веществ нейтрально-сульфитного щелока на свойства хвойной небеленой целлюлозы. №3-107.

**Панфилова М.В., Косяков Д.С., Горбова Н.С., Боголицын К.Г.** Константы кислотности сирингильных фенолов в смесях воды с диметилсульфоксидом и N,N-диметил-формамидом. №2-134.

**Покрьшкин С.А., Боголицын К.Г., Аксенов А.С.** Кинетические закономерности ферментативного окисления гваякола в водной и водно-органической средах. №3-100.

**Почтовалова А.С., Шульгина Е.В., Боголицын К.Г., Соболева Т.В.** Характеристика содержания лигнинных веществ и химического потребления кислорода в воде р. Северная Двина в зоне влияния сточных вод ОАО «Архангельский ЦБК». №2-127.

**Романов М.Е., Королева Т.А., Миловидова Л.А.** Влияние породного состава сырья и параметров сульфатной варки на характеристики сульфатной лиственной целлюлозы. №1-88.

**Саврасова Ю.А., Богданович Н.И., Макаревич Н.А., Белецкая М.Г.** Углеродные адсорбенты на основе лигноцеллюлозных материалов. №1-107.

**Смирнов Р.Е.** Применение разбавленной ортофосфорной кислоты для двухступенчатой сульфитно-фосфорнокислой варки целлюлозы. №5-135.

**Смолин А.С., Шабиев Р.О.** Изменение электрокинетического потенциала древесной и хлопковой целлюлозы под действием размола и фракционирования. №6-109.

**Торцева Т.В., Попова Н.Р., Боголицын К.Г., Малков А.В.** Каталитическое окисление диоксанлигнина и технического сульфатного лигнина растворенным молекулярным кислородом. №3-115.

**Хакимова Ф.Х., Синяев К.А., Ковтун Т.Н.** Отбелка сульфатной хвойной

целлюлозы по ЕСF-технологии пероксидом водорода и хлоритом натрия. №4-112.

#### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

**Бральнин А.В., Пластинин А.В.** Реализация государственно-частного партнерства при строительстве лесных дорог: проблемы и возможные пути их решения. №6-152.

**Бровин А.П., Пластинин А.В.** Применение классификации запасов в целлюлозно-бумажной промышленности в целях эффективного управления ими. №4-151.

**Горбунова А.В.** Совершенствование методики оценки арендной платы лесных участков при виде пользования «заготовка древесины». №3-130.

**Королев П.В.** Пути преодоления барьеров, препятствующих развитию конкуренции в лесной отрасли Иркутской области. №1-121.

**Мякшин В.Н.** Исследование инвестиционной привлекательности Северо-Арктического региона России на основе макроэкономических показателей. №3-122.

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

**Болотова К.С., Новожилов Е.В., Любов В.К., Пластинин А.В.** Повышение энергоэффективности биотоплива из отходов целлюлозно-бумажного производства. №3-148.

**Гусев В.Г., Лопухова Е.Л., Дубовый В.К.** Классификация и общие свойства лесных горючих материалов. №1-134.

**Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н., Жаворонков Ю.М.** Использование дендрохронологического метода исследования в ботанических судебных экспертизах. №3-137.

**Дружинин Ф.Н.** Оценка длительно-постепенных рубок в лиственных насаждениях. №1-128.

**Иванченко Н.Л., Шкаев А.Н., Шкаева Н.В., Боголицын К.Г.** Характеристика эффектов сольватации модельных соединений структурного звена лигнина в водно-этанольных средах с применением метода вольтамперометрии. №2-140.

**Карельский А.В., Лабудин Б.В., Мелехов В.И.** Требования к надежности и безопасной эксплуатации большепролетных клееных деревянных конструкций. №3-143.

**Кузнецова И.А., Боголицын К.Г., Ларионов Н.С., Бойцова Т.А., Паламарчук И.А., Аксёнов А.С.** Исследование сорбционных свойств гуминовых кислот по отношению к Cd(II) и Pb(II). №1-146.

**Сродных Т.Б., Лисина Е.И.** Динамика видового состава и основных параметров насаждений бульваров г. Екатеринбурга за 13-летний период. №5-149.

#### ИСТОРИЯ НАУКИ

**Коллеги и ученики** Памяти учителя (к 100-летию со дня рождения Н.А. Батина). №1-151.

**Чернов Н.Н.** Организатор горнозаводского лесного хозяйства на Урале (к 235-летию генерал-майора И.И. Шульца (1777 – 1862 гг.)). №6-161.

#### ПАМЯТИ УЧЕНЫХ

**Коваль С.А.** Иван Михайлович Боховкин (к 100-летию ректора Архангельского лесотехнического института). №5-174.

#### КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

**Цветков В.Ф.** Решение Всероссийского симпозиума (конференции) «Современные проблемы притундровых лесов», организованного учеными-лесоведами Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова и СевНИИЛХ (4-9 сентября 2012 г., г. Архангельск). №6-169.

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

**Бызова Н.М.** Все о тайге. №6-182.

#### ЮБИЛЕИ

**Коллеги, друзья, ученики** Юбилей Евгения Анатольевича Памфилова. №1-155.

**Ректорат С.-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, редколлегия «Лесного журнала», ученики, коллеги, друзья.** К юбилею Евгения Николаевича Серова. №1-153.

#### НЕКРОЛОГИ

**Кафедра ландшафтной архитектуры и искусственных лесов САФУ имени М.В. Ломоносова, кафедра лесных культур СПбГЛТУ имени С.М. Кирова, редколлегия «Лесного журнала».** Хранитель истории лесов России (памяти Г.И. Редько). №1-159.

**Коллектив кафедры водного транспорта леса и гидравлики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.** Памяти коллеги. №1-157.

**Ректорат и коллектив лесотехнического института САФУ имени М.В. Ломоносова, редколлегия и редакция «Лесного журнала».** Памяти Олега Алексеевича Неволлина. №1-161.