

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

5 (323)

2011

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

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. **В.И. Мелехов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

д-р с.-х. наук, проф., зам. гл. ред. **Н.А. Бабич**, ответств. секретарь **Р.В. Белякова**, д-р биол. наук, проф. **В.П. Бессчетнов**, д-р техн. наук, проф. **П.В. Билей**, д-р хим. наук, зам. гл. ред. **К.Г. Боголицын**, 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. Мясичев**, 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. Панфилов**, д-р с.-х. наук, проф. **Е.М. Романов**, д-р биол. 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, информации 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» № 5 (323)

Подписной индекс 70368

Редакторы Н.П. Бойкова, Л.С. Окулова  
Компьютерная верстка О.В. Деревцовой, Е.Б. Красновой  
Перевод Н.А. Зайцевой  
Графическое оформление В.А. Титовой

---

Сдан в набор 20.10.2011. Подписан в печать 20.12.2011. Заказ № 57  
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,195. Усл. кр.-отг. 14,195.  
Уч.-изд. л. 19,176. 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, тел. 21-89-01  
e-mail: [forest@agtu.ru](mailto:forest@agtu.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

<i>Н.А. Разумников, О.М. Конюхова.</i> Изменчивость биометрических и биохимических параметров плодов груши уссурийской в Среднем Поволжье.....	7
<i>В.А. Бугаев, М.Т. Сериков.</i> Объект современного лесоустройства.....	12
<i>И.Н. Алиев.</i> Быстрорастущие породы на техногенных землях центральной части Северного Кавказа.....	15
<i>В.Н. Коновалов, Л.В. Зарубина.</i> Влияние подсочки минеральных удобрений на физиологические процессы у сосны.....	20
<i>А.И. Видякин, С.Н. Санников, И.В. Петрова.</i> Морфофенотипическая изменчивость популяций сосны обыкновенной в бассейнах рек Юг и Северная Двина.....	28
<i>П.П. Силкин, Н.В. Екимова.</i> Измерение клеточных параметров годичных колец хвойных.....	35
<i>В.Т. Яборов.</i> Самозаращение техногенных отвалов Уруша-Ольдойского золотороссыпного узла в Приамурье.....	41

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>А.С. Войнаш, С.А. Войнаш.</i> Исследование влияния рейсовой нагрузки на проходимость гусеничного сортиментовоза.....	47
<i>В.И. Посметьев, Л.Т. Свиридов, В.А. Зеликов.</i> Оптимизация рабочих параметров вибрационного механизма лесного дискового культиватора.....	54

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Д.С. Осоловский, В.Ф. Асминин.</i> Экспериментальное исследование диссипативных свойств вибродемпфирующих прокладок с фрикционным трением для снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков.....	59
<i>Г.Ф. Прокофьев, Н.Ю. Микловцик, А.М. Тюрин.</i> Лесопильный станок с нерастянутыми «плавающими» полосовыми пилами, совершающими возвратно-поступательное движение в направляющих.....	64
<i>О.Д. Мюллер, В.И. Малыгин, В.К. Любов.</i> Определение технологической температуры поверхности древесных гранул.....	71
<i>С.П. Агеев.</i> Вероятностное моделирование работы лесопильных рам.....	78

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Т.В. Ермолина, А.М. Айзеништадт, М.В. Богданов, Л.В. Гусаков.</i> Интегральные показатели качества поверхностных вод в зоне действия предприятий ЦБП (на примере р. Северная Двина).....	83
<i>И.В. Лавров, Ю.В. Севастьянова, В.И. Комаров, Д.А. Дулькин.</i> Влияние композиции по волокну и технологических параметров на характеристики бумаги для гофрирования.....	89
<i>В.С. Куров, Ю.А. Тихонов.</i> Напорный ящик для массы повышенной концентрации.....	94
<i>В.В. Коваленко, Н.В. Сысоева, В.К. Дубовый, А.И. Безлаковский.</i> Фракционный состав по диаметру штапельных стеклянных волокон, используемых в производстве бумаги специального назначения.....	101
<i>Ю.Г. Хабаров, И.М. Бабкин, В.А. Вешняков.</i> Влияние кислоты при нитрозировании лигносульфонатов на их способность к пептизации магнитоактивного соединения на основе сульфата железа (II).....	106
<i>М.Е. Романов, Т.А. Королева, В.И. Комаров, Л.А. Миловидова.</i> Влияние породного состава и параметров сульфатной варки на прочностные и деформационные характеристики лиственной сульфатной целлюлозы.....	112

*ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА*

<i>Г.А. Кируца.</i> Кредитная кооперация: проблемы и перспективы развития.....	117
<i>Д.В. Лыков, Я.Ф. Молнар.</i> Реформирование тарифной системы оплаты труда на предприятиях лесопромышленного комплекса.....	121
<i>С.Е. Грязнов, Ю.В. Кузминых, Ю.К. Богачев.</i> Оценка и измерение нелегальных лесозаготовок в лесном секторе Российской Федерации.....	124

*КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ*

<i>Г.Ф. Прокофьев, М.В. Дербин.</i> Определение напряжений в ленточной пиле при применении отжимных направляющих.....	131
<i>П.Б. Шубный, М.В. Дербин, Л.А. Ковалев.</i> Определение возможности использования аэростатических направляющих для охлаждения круглых пил при пилении древесины.....	138

*КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ*

<i>Б.Н. Уголев.</i> Воронежская сессия Координационного совета по древесиноведению.....	141
---	-----

*КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ*

<i>В.Н. Евдокимов, Д.В. Лохов.</i> Новая работа о фитомассе культур сосны.....	144
--	-----

---

 CONTENTS

## FORESTRY

<i>N.A. Razumnikov, O.M. Koyukhova.</i> Variability of Biometric and Biochemical Parameters Pear Ussurica Fruit in the Povolgie Region.....	7
<i>V.A. Bugayev, M.T. Serikov.</i> Object of Forest Management.....	12
<i>I.N. Aliev.</i> Fast-growing Species on Technogenic Soil of Northern Caucasus Central Part....	15
<i>V.N. Konovalov, L.V. Zarubina.</i> Influence of Tapping and Mineral Fertilizers on Physiological Processes of Pine.....	20
<i>A.I. Vidyakin, S.N. Sannikov, I.V. Petrova.</i> Morphological Variability of Common Pine Populations in the Basins of the Yug and Northern Dvina Rivers.....	28
<i>P.P. Silkin, N.V. Yekimova.</i> Measurements of Cell Parameters of Coniferae Annular Rings...	35
<i>V.T. Yaborov.</i> Selfovergrowing of Technogenic Dumps of the Urusha-Oldoiski Gold-Mining Territory in the Priamurie (Russian Far East).....	41

## WOODEXPLOITATION

<i>A.S. Voinash, S.A. Voinash.</i> Study of Run Load Impact on Cross-country Ability of Track-type Short Log Truck.....	47
<i>V.I. Posmetiev, L.T. Sviridov, V.A. Zelikov.</i> Operating Parameters Optimization of Vibration Device for Forest Disc Cultivator.....	54

## MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>D.S. Osmolovsky, V.F. Asminin.</i> Experimental Research of Dissipative Characteristics of Vibration-damping Bearings with Friction for Noise Reduction of Circular-saw Woodworking Machine.....	59
<i>G.F. Prokofiev, N.Yu. Miklovtsik, A.M. Tyurin.</i> Saw Machine with Nonstretched “Floating” Drag Saws Making Reciprocating Motion in Guides.....	64
<i>O.D. Myuller, V.I. Maligin, V.K. Lyubov.</i> Determination of Technological Surface Temperature of Wood Pellets.....	71
<i>S.P. Ageev.</i> Probability Modelling of a Vertical Frame Saw Performance.....	78

## CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>T.V. Ermolina, A.M. Aisenshtadt, M.V. Bogdanov, L.V. Gusakov.</i> Integral Indices of Surface Water Quality in Operating Zone of Pulp-and-Paper Mill based on Example of the Northern Dvina.....	83
<i>I.V. Lavrov, Yu.V. Sevastianova, <u>V.I. Komarov</u>, D.A. Dulkan.</i> The Influence of Fiber Composition and Technological Parameters on Characteristics of Paper for Corrugating.	89
<i>V.S. Kurov, Yu.A. Tikhonov.</i> Headbox for Increased Concentration Mass.....	94
<i>V.V. Kovalenko, N.V. Sysoeva, V.K. Duboviy, A.I. Bezlakovskiy.</i> Fractional Composition by Diameter of Staple Glass Fibers which Are Used for Making Special Types of Paper.....	101
<i>Yu.G. Khabarov, I.M. Babkin, V.A. Veshnjakov.</i> Acid Effect Usage for Lignosulfonates Nitrosation on Their Ability to Peptization of Magnetoactive Compounds Based on Ferrous Sulfate(II).....	106
<i>M.E. Romanov, T.A. Korolyova, <u>V.I. Komarov</u>, L.A. Milovidova.</i> The Effect of Species Selection and Kraft Pulping Parameters on Strength and Deformation Characteristics of Hardwood (HW) Pulp.....	112

## ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>G.A. Kirutsa.</i> Credit Cooperatives Problems and Prospects of Development.....	117
---	-----

<i>D.V. Lykov, Ya.F. Molnar.</i> Reformation of Rating Payment System at Forest-industry Enterprises.....	121
<i>S.E. Gryaznov, Yu.V. Kuzminikh, Yu.K. Bogachyov.</i> Assessment and Measurements of Illegal Logging Scale in Industrial Forestry of the Russian Federation.....	124

*SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING*

<i>G.F. Prokofyev, M.V. Derbin.</i> Determination of Stresses in the Band Saw when Applying Wringer Guides.....	131
<i>P.B. Shubny, M.V. Derbin, Z.A. Kovalyev.</i> Determining the Possibility of Circular Saw Aerostatic Guides for Cooling Saws in the Process of Sawing Timber.....	138

*CONFERENCES AND MEETINGS*

<i>B.N. Ugolev.</i> Voronezh Session of Regional Coordinating Council of Wood Science.....	141
--	-----

*CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY*

<i>V.N. Yevdokimov, D.V. Lokhov.</i> A New Study on Pine Phytomass While Cultivating the Pine.....	144
--	-----

---

---



УДК 634.13(470.4)

**Н.А. Разумников, О.М. Конюхова**

Марийский государственный технический университет

Разумников Николай Александрович родился в 1963 г., окончил в 1989 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет более 90 печатных работ в области интродукции растений и рационального природопользования.

E-mail: RazumnikovNA@marstu.net



Конюхова Ольга Михайловна родилась в 1978 г., окончила в 2001 г. Марийский государственный университет, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет около 20 печатных работ в области интродукции растений.

E-mail: KonyuhovaOM@marstu.net



## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОДОВ ГРУШИ УССУРИЙСКОЙ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ**

Приведены результаты по изучению биометрических и биохимических параметров плодов груши уссурийской в Среднем Поволжье и влиянию на них экологических факторов. На основе изученных признаков установлена внутривидовая изменчивость растений, определяющая возможность селекции.

*Ключевые слова:* груша уссурийская, плод, арбутин, общие сахара, титруемая кислота, изменчивость.

Наиболее культивируемым видом груши в Среднем Поволжье является груша обыкновенная. Однако она характеризуется невысокой морозо- и зимостойкостью и, как следствие, имеет ограниченное распространение в природе. В связи с этим представляет интерес интродукция груши уссурийской. Установлена целесообразность ее внедрения в культуру как вида, обладающего комплексом хозяйственных достоинств [2, 10].

Цель нашей работы – изучение качества плодов груши уссурийской и выявление ее внутривидовой изменчивости в условиях интродукции Среднего Поволжья. Объектами исследований служили интродуцированные растения груши уссурийской (более 40 экземпляров) в Ботаническом саду МарГТУ (возраст более 45 лет) и в дендрарии Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника Республики Татарстан (возраст 28 лет).

В 2006 и 2008 гг. в фенофазе созревания (I декада сентября) отбирали образцы зрелых плодов, по 25...30 шт. с каждого растения и не менее 100 шт. в биогруппе. Массу плодов измеряли на технических весах с точностью до 1 г. В 3-кратной повторности определяли содержание сахаров по А.И. Ермакову и др. [6], арбутина – по З.А. Седовой и др. [11], титруемых кислот (общей кислоты) – по Б.А. Ягодину и др. [9]. Степень сладости плодов оценивали по Б.П. Плешкову [8], внутривидовую

изменчивость – по шкале С.А. Мамаева [5]. Освещенность растений на границе кроны измеряли на высоте 1,3 м с помощью люксметра «ТКА-Люкс».

Исследованиями двух биогрупп в куртинах установлены близкие значения массы плодов и повышенный уровень их изменчивости. Среди свободно растущих деревьев выявлены особи как с мелкими (№ 2, 5), так и с достаточно крупными (№ 1, 4, 6, 8) плодами, при повышенном уровне изменчивости признака. Различия существенны ( $t_{\phi} > t_{st}$ ). Следовательно, индивидуальная изменчивость крупности плодов в условиях интродукции указывает на возможность проведения селекционной работы (табл. 1) Для сравнения отметим, что в естественном ареале плоды имеют массу преимущественно 15...25 г, редко – до 90 г [1].

Содержание сухого вещества в плодах составляло 22...26, сахаров 7,2...9,0 и общих кислот 2,3...2,7 %, что близко к данным, полученным в естественном ареале (табл. 2, данные 2008 г.)

Плоды груши уссурийской со степенью сладости ниже 5 имели сильнокислый вкус. Их качественные характеристики позволяют судить о благоприятных для растений климатических и эдафических условиях. Обращает внимание повышенный сахарокислотный индекс плодов груши уссурийской в дендрарии заповедника, что, видимо, обусловлено его расположением примерно на 100 км южнее Ботанического сада МарГТУ и более плодородной почвой.

Таблица 1

Изменчивость деревьев груши уссурийской по массе плодов (2008 г.)

Биогруппа	Расстояние между посадочными местами деревьев, м	№ дерева	Лимиты, г	Средние значения, г	Коэффициент вариации, %	$t_{\phi}$
Дендрарий ВКГПБЗ						
Аллея	11,5	1	27...76	45,5±2,30	24,8	6,98
		2	19...43	27,9±1,03	18,4	–
		4	18...88	40,4±4,90	51,5	2,50
		5	22...51	33,1±11,61	24,3	22,74
		6	14...83	46,6±3,52	34,6	5,09
		8	18...62	41,3±11,2	27,1	1,19
Куртина	1,0		21...65	41,3±2,22	26,9	5,49
Ботанический сад						
»	1,9		17...55	35,7±2,12	24,5	–

Примечание. На деревьях № 3 и 7 урожая не было;  $t_{st} = 2,06$ .

Таблица 2

Биохимическая характеристика плодов груши уссурийской

Место произрастания растений	Сухое вещество, %	Содержание, % на сырую массу		Сахар Кислота
		сахара	кислот	
г. Владивосток [7]	22,0...28,0	6,4...8,4	2,5...2,8	2,6...3,0
Ботанический сад	21,6±0,31	7,2±0,12	2,7±0,12	2,6
Дендрарий ВКГПБЗ	26,1±1,98	9,0±0,01	2,3±0,33	3,9

**Изменчивость содержания арбутина, общих сахаров и кислот  
в плодах груши уссурийской урожая 2008 г. в дендрарии заповедника**

№ дерева	Арбутин, %	V, %	Сахара, %	V, %	Общая кислота, %	V, %	Сахар Кислота
1	2,6±0,10	6,7	8,8±0,10	2,0	1,9±0,03	3,0	4,6
2	2,0±0,03	2,9	10,9±0,07	1,1	1,9±0,03	3,0	5,7
4	3,4±0,03	1,7	8,4±0,07	1,4	1,6±0,03	3,6	5,3
5	3,4±0,03	1,7	8,7±0,06	1,1	1,7±0,03	3,4	5,1
6	3,5±0,03	2,9	6,6±0,07	1,7	2,6±0,03	2,2	2,5
8	3,9±0,07	3,0	8,2±0,09	1,9	2,8±0,03	2,1	2,9

Примечание. НСР<sub>05</sub> для арбутина – 0,183; для сахаров – 0,234; для общей кислоты – 0,103; F<sub>расч</sub> – соответственно 135,16; 331,72 и 226,14; F<sub>табл</sub> – для всех компонентов – 3,09; среднее соотношение сахар/кислота равно 4,3±0,53.

Ранее отмечали [4], что показатели химических компонентов плодов деревьев с аллеи значительно варьировали. Содержание арбутина составляло 2,2...3,3, общих кислот – 1,5...2,7, сахаров – 6,4...10,8 % на сырую массу. Наибольшая степень сладости плодов наблюдалась у деревьев № 2, 4, 5, что объяснялось более высоким содержанием сахаров и низкой общей кислотностью.

Сравнением значений содержания биохимических компонентов за учетный период не выявлено существенных различий у плодов отдельной особи, между растениями они отмечены при 5 %-м уровне значимости. Однофакторный дисперсионный анализ показал, что варьирование содержания биохимических компонентов в плодах обусловлено индивидуальной изменчивостью самих деревьев (табл. 3). Ее влияние на содержание сахаров составило 99,11, кислот – 88,93, арбутина – 97,72 %. В целом внутривидовая изменчивость растений груши уссурийской в условиях интродукции является предпосылкой для проведения селекционной работы по хозяйственным признакам.

Изменчивость биохимических компонентов плодов может быть обусловлена действием как внутренних (генетически предопределенных), так и внешних факторов, к числу которых относятся температура, свет, почвенные условия и т. д.

На основе анализа данных выявлено повышенное содержание органических кислот в плодах деревьев № 6, 8, а в 2006 г. – и особи № 7. Образцы характеризовались наименьшими сахарокислотными индексами. Эти деревья отличались от остальных в биогруппе тем, что они произрастали параллельно, на удалении в среднем 13 м, севернее от куртины груши уссурийской площадью 325 м<sup>2</sup>. В процессе работы была предложена гипотеза о влиянии фактора освещенности на изучаемые показатели. Результаты измерений освещенности кроны растений приведены в табл. 4.

Видно, что даже в облачную погоду нижняя часть кроны деревьев № 6, 7 и 8 с южной стороны получала в сравнении с остальными в 1,4–1,8 раза меньше светового довольствия. Вероятно, меньшая освещенность могла повлиять на активность фотосинтетического аппарата, снижая интенсивность фотосинтеза дерева и, в свою очередь, сказаться на биохимическом составе плодов, в частности на содержании органических кислот. Это предположение требует экспериментальной проверки, которая будет проведена нами в ближайшее время.

**Освещенность кроны деревьев груши уссурийской в дендрарии заповедника  
(10.09. 2008 г., время 10 ч 30 мин – 11 ч 30 мин)**

Биогруппа	№ дерева	Освещенность кроны на высоте 1,3 м, клк	
		Солнце в «дымке»	Облачно
Аллея	1	33,0	23,5
	2	34,0	25,1
	3	36,1	26,2
	4	29,1	25,8
	5	28,9	22,1
	Среднее	32,2±1,4	24,5±0,7
	6	16,0	16,0
	7	19,4	18,2
	8	18,2	16,9
Куртина	Среднее	17,9±1,0	17,0±0,6
			5,8±2,0

Примечание. При солнце в «дымке»  $t_d = 8,4$ ; при облачности – 8,1.

Данные биохимических исследований плодов груши уссурийской и влияния освещенности на их технологические свойства, наряду со светолюбием вида, отмеченными особенностями формирования кроны южной направленности и продуктивностью растений [2, 3], являются научной основой для выбора расстояния между посадочными местами при создании культур.

Исследования позволяют сформулировать следующие выводы.

1. Плоды груши уссурийской в условиях интродукции Среднего Поволжья по биометрическим и биохимическим параметрам практически не отличаются от аналогичных в естественном ареале.

2. Внутривидовая изменчивость плодов особей является предпосылкой для проведения селекционных работ.

3. Биохимический состав плодов существенно зависит от экологических факторов, плодородная почва и большее количество тепла способствуют улучшению технологических свойств. Степень обеспеченности кроны солнечной радиацией влияет на содержание органических кислот и, соответственно, на степень сладости плодов.

4. Эдафические условия и освещенность влияют на морфогенез, репродуктивную способность растений и биохимический состав плодов груши уссурийской в условиях интродукции, определяя в конечном итоге густоту посадки при создании культур целевого назначения, особенно объектов для получения пищевого и лекарственного сырья, семенной и нектароносной базы. В целях создания лучших условий освещенности и получения максимальных урожаев качественных плодов минимальное расстояние между посадочными местами должно быть не менее 2-кратного размера проекции кроны, что в среднем составляет около 8 м.

5. Исследования качества и изменчивости плодов груши уссурийской убеждают в необходимости комплексного изучения растений как сложной биологической системы. Это особенно важно в условиях интродукции, новые знания способствуют ускорению процесса их внедрения в практику.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов А.Б., Васильева В.Н., Смагин В.С. Дикорастущие и культивируемые в Сибири ягодные и плодовые растения. Новосибирск: Наука, 1980. 264 с.

2. *Конюхова О.М.* Биологические основы рационального использования груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) при ее интродукции в Среднее Поволжье: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Йошкар-Ола, 2007. 24 с.
3. *Конюхова О.М., Разумников Н.А.* Особенности роста и плодоношения груши уссурийской в условиях Среднего Поволжья // Потенциалы России в глобальном мире: Десятые Вавиловские чтения: материалы постоянно действующей Всерос. междисциплинар. науч. конф. / под общ. ред. В.П. Шалаева. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. Ч. 2. С. 235–236.
4. *Конюхова О.М., Разумников Н.А.* Изменчивость содержания арбутина, сахаров и кислотности в плодах груши уссурийской в условиях Республики Татарстан // Социальная синергетика и актуальная наука: Потенциалы России в глобальном мире: проблема адаптации и развития: сб. науч. тр. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. С. 314–315.
5. *Мамаев С.А.* О закономерностях внутривидовой изменчивости древесных растений // Теоретические основы внутривидовой изменчивости и структура популяций хвойных пород: тр. Ин-та экологии растений и животных. Свердловск, 1974. С. 3–12.
6. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Колос, 1972. С.143–144.
7. *Петрова В.П.* Дикорастущие плоды и ягоды. М.: Лесн. пром-сть, 1987. 248 с.
8. *Плешков Б.П.* Биохимия сельскохозяйственных растений. 4-е изд., доп. и перераб. М.: Колос, 1980. С. 460–470.
9. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин [и др.]. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
10. *Разумников Н.А., Конюхова О.М., Рябинин М.И.* Груша уссурийская в Среднем Поволжье // Лесн. журн. 2007. № 2. С. 28–33. (Изв. высш. учеб. заведений).
11. *Седова З.А., Леонченко В.Г., Астахов А.И.* Оценка сортов по химическому составу плодов: программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. С.160–167.

Поступила 03.02.09

*N.A. Razumnikov, O.M. Koyukhova*  
Mari State Technical University

### **Variability of Biometric and Biochemical Parameters Pear Ussurica Fruit in the Povolgie Region**

The results of biometric and biochemical parameters of *Pyrus ussurinsis* fruit are given. The influence of ecological factors has been revealed. Intraspecific variability of plants allowing further selection has been established.

*Keywords:* *Pyrus ussurinsis*, fruit, arbutin, general sugar, titratable acid, variability.

---

УДК 630\*524.4:630\*18

**В.А. Бугаев, М.Т. Сериков**

Воронежская государственная лесотехническая академия

Бугаев Владимир Агеевич родился в 1924 г., окончил в 1948 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии, почетный академик РАЕН, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 260 печатных работ в области комплексной оценки и прогноза освоения лесов.

E-mail: lestaks53@vmail.ru



Сериков Михаил Тихонович родился в 1953 г., окончил в 1974 г. Воронежский лесотехнический институт, окончил в 2002 г. Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки руководящих кадров и специалистов Российской экономической академии им. Г.В. Плеханова, кандидат сельскохозяйственных наук, советник Российской академии архитектуры и строительных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 100 печатных работ в области комплексной оценки лесных ресурсов, лесоустройства и рекреологии.

E-mail: lestaks53@mail.ru



## ОБЪЕКТ СОВРЕМЕННОГО ЛЕСОУСТРОЙСТВА

Представлена современная трактовка понятия «объект лесоустройства», исторические аспекты изменений его содержания и анализ причин современного реформирования.

*Ключевые слова:* объект лесоустройства, лесхоз, лесничество, лесопарк, лесной участок, условия рыночной экономики.

Согласно практическим задачам лесоустройства, обозначенным в Лесном кодексе РФ [2], его объектами являются: 1) леса, находящиеся в границах лесничества или лесопарка – основных территориальных единиц управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, осуществляющих организацию их освоения независимо от категории земель Российской Федерации, на которых они расположены; 2) лесные участки в пределах лесничеств и лесопарков, предоставляемые в постоянное (бессрочное) пользование или аренду для конкретных видов использования лесов.

Лесной участок – земельный участок в составе земель лесного фонда или иных категорий (земли обороны и безопасности, поселений – городские леса, особо охраняемых природных территорий), в границы которого входят лесотаксационные выделы по лесным кварталам, лесничествам или лесопаркам. Эти границы согласованы со смежными земельными участками, обозначены в картографических материалах и на местности. Освоение отграниченных лесов осуществляется в соответствии с лесохозяйственным регламентом лесничества или лесопарка, либо проектом освоения лесов при аренде или постоянном (бессрочном) пользовании. Информация о лесном участке содержится в государственном лесном реестре и государственном кадастровом учете. Право собственности и другие вещные права (аренда и др.) на лесные участки подлежат государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним. Они являются объектом лесных и земельных отношений. Лесной участок в составе земель лесного фонда это федеральная собственность.

Следовательно, объект лесоустройства представляет собой леса в границах лесничества (лесопарка) или лесных участков в их пределах, в которых осуществляется весь цикл лесоустроительных работ, завершающихся составлением лесоинвентаризационных документов и разработкой мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов.

Основными признаками объекта лесоустройства являются одновременное проведение за короткий срок лесоустроительных работ и составление обособленных лесоинвентаризационных документов с разработкой мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов, а в случае оказания рыночных услуг – проекта освоения лесов.

Понятие об объекте создавалось исторически по мере развития лесного хозяйства и лесоустройства [1]. Главным положением в определении границ и площади объекта лесоустройства служила форма собственности на леса. Еще в первой лесоустроительной инструкции (1845 г.) планы лесного хозяйства составлялись на юридически оформленные и обмежеванные государственными органами лесные территории, носившие названия дач. Одна или несколько близлежащих, установленных по роду владения дач составляли лесничество, которое было единицей управления и объектом лесоустройства. После национализации всех лесов страны в 1918 г. и образования единого государственного лесного фонда лесничества оставались небольшими объектами, что не давало возможности получить обобщенные данные о более крупных территориях. Поэтому лесоустроительная инструкция 1926 г. предписывала лесоустройство «порайонного» масштаба, но оно представляло собой лишь механическую сумму показателей мелких лесничеств. Развитие лесного хозяйства потребовало изменить организацию и структуру управления отраслью.

С 1930 г. все территории лесов государственного значения с учетом экономических и естественно-исторических условий стали разделять на крупные административные лесохозяйственные единицы, именуемые лесными хозяйствами – лесхозами. К этой единице и было приурочено лесоустройство. Такая система управления лесным хозяйством существовала до 2007 г., за объект лесоустройства принимался лесхоз – юридическое лицо, организационно-правовые формы которого изменялись на разных исторических этапах развития нашей страны. Площадь отдельных лесхозов была неодинакова, что обуславливалось направлением лесохозяйственной деятельности, объемом производства, размещением лесов в данном районе, их наличием, лесистостью территории и т. п.

Лесхоз был государственным предприятием, территориальным органом управления лесным хозяйством и федеральным государственным учреждением. Он всегда осуществлял управленческие функции и хозяйственные мероприятия одновременно, что позже, в условиях рыночной экономики, оказалось недопустимым.

В настоящее время территориальными единицами управления в области освоения лесов и основными объектами лесоустройства являются лесничества и лесопарки. Лесничествам возвращено историческое название, существовавшее еще в XIX в. Территории, выполняющие преимущественно рекреационные функции, должны называться не лесничествами, а лесопарками, леса которых играют важную средообразующую, санитарно-гигиеническую роль, оказывая положительное влияние на экологическое состояние городской среды. Проектирование мероприятий в лесопарках должно быть направлено на повышение комфортности отдыха, формирование устойчивых к рекреационному воздействию насаждений и предотвращение угрозы деградации лесной среды. Лесопарки обычно создают вокруг городов, в живописной и хорошо доступной для транспорта местности, как на землях лесного фонда, так и в городских лесах. По данным государственного учета лесов, на 1 января 2003 г. потенциальная территория для организации лесопарков составляла 3,8 млн га лесопарковых частей зеленых зон [2].

Необходимость преобразования лесхозов в лесничества и лесопарки с возможным их делением на участковые лесничества вызвана: во-первых, переходом права собственности Российской Федерации на лесхозы к субъектам РФ; во-вторых – исключением возможности совмещения управленческих и хозяйственных функций в деятельности одной организации, как это было у лесхозов. Совмещение функций привело к тому, что лесоводственные, связанные с уходом за лесом в целях повышения его продуктивности, и профилактические санитарные мероприятия постепенно переросли в ранг только коммерческой деятельности, зачастую не имеющей никакого научного лесоводственного обоснования и нередко вопреки результатам лесоустроительного проектирования. Поэтому в целях устранения названных противоречий за лесничествами, лесопарками закреплены функции управления всеми процессами освоения лесов без осуществления хозяйственной деятельности. Законодатель запрещает отождествлять их с лесхозами.

В связи с такой реорганизацией системы управления лесным хозяйством значительная часть лесоустроительных работ из обязательных переведена в конкурсные виды оказания рыночных услуг (преимущественно лесопользователям) при проектировании использования лесных ресурсов.

Для эффективного управления, организации нормальной хозяйственной деятельности необходимо иметь не только оптимальную площадь объекта, но и ясно различимые границы его территории. Успешное выполнение лесоустроительных работ зависит от хорошего оформления этих границ, которые должны совпадать с границами субъектов РФ, границами районирования и в целях повышения эффективности управления – в большинстве случаев с границами административных районов.

При лесоустроительных работах осуществляется также организация территории, которая сводится преимущественно к созданию квартальной сети в лесном фонде лесничества. Одновременно проводятся работы по закреплению в натуре видов целевого назначения и категорий защитных лесов, которые состоят, как правило, из целых кварталов.

Постоянство границ объектов позволит эффективнее использовать ГИС-технологии, соблюдать преемственность лесоустроительных материалов, необходимую для правильного учета лесного фонда и освоения лесов на высоком научном уровне.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаев В.А. Основы лесоустройства: учеб. пособие. Воронеж: ВГЛТА, 1993. 203 с.
2. Лесной кодекс Российской Федерации: комментарий. Изд. 2-е, доп. / под общ. ред. Н.В. Комаровой, В.П. Рощупкина. М.: ВНИИЛМ, 2007. 856 с.

Поступила 10.06.08

*V.A. Bugayev, M.T. Serikov*  
Voronezh State Academy of Forestry Engineering

#### **Object of Forest Management**

Modern interpretation of the concept of an object of forest management, historical aspects of its contents changes and the analysis of modern reforming causes have been presented.

*Keywords:* an object of forest management, forestry, forest area, forest park, market conditions.

УДК 630\*32.34.64

**И.Н. Алиев**

Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного садоводства

Алиев Игорь Нажафович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом технологий горного и предгорного садоводства ФГНУ «Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного садоводства». Имеет 44 печатные работы в области биологической рекультивации нарушенных земель, изучения декоративных и кустарниковых пород.  
E-mail: kbrapple@mail.ru



## **БЫСТРОРАСТУЩИЕ ПОРОДЫ НА ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

Рассмотрен процесс естественного зарастания техногенных земель в Кабардино-Балкарской Республике. Выявлены особенности распространения, роста и развития быстрорастущих пород на склонах карьеров в зависимости от вида добываемого сырья, частей и экспозиций склонов. Определена роль этих пород в рекультивации нарушенных земель.

*Ключевые слова:* быстрорастущие породы, рекультивация, естественное зарастание, техногенные земли, экологические условия, склон, карьер.

В разнообразных почвенно-грунтовых условиях нарушенных земель Кабардино-Балкарской Республики (КБР) не всегда растут и разводятся наиболее пригодные для этих мест древесные породы и кустарники. Поэтому при создании защитных лесных насаждений очень важна замена таких пород быстрорастущими, выполняющими противоэрозионную и мелиоративную роль на землях, нарушенных горно-техническими работами [3].

*Объекты исследований.* На территории КБР разведано и используется более 50 различных месторождений природного сырья, которые расположены по всему региону на площади свыше 1000 га [2].

Объектами наших исследований служили быстрорастущие деревья и кустарники, естественно заселившие отвалы в различных зонах и районах КБР. Опытные участки находятся в Прохладненском, Урванском, Чегемском, Черекском и Эльбрусском районах, где добываются строительный песок, песчано-гравийная смесь, кирпичные суглинки, вулканический пепел и вулканический туф. Они расположены в разных условиях климата (континентальный и умеренно-континентальный); на равнине, в предгорьях и в горах, на высоте над у. м. 200 ... 1300 м; на различных почвах; количество осадков 300 ... 1000 мм в год; коэффициент увлажнения 0,6 ... 1,3; среднегодовая изотерма +(3 ... 9,5) °С.

*Методика исследований.* При изучении растительности на техногенных землях использовали методики, применяемые в лесокультурной и лесомелиоративной практике. Для определения состояния и роста древесных пород и кустарников на опытных участках закладывали пробные площади в разных лесорастительных зонах, в верхней, средней, нижней частях и по дну откосов нарушенных земель, на склонах северной, южной, восточной и западной экспозиций, при разной высоте над уровнем моря. Размер пробных площадей 20×25; 25×40; 50×100 м и т. д., что обеспечивало учет не менее 200 экземпляров растений.

Методом сплошного перечета и обмера растений на пробных площадях устанавливали вид, возраст, количество, высоту, диаметр на высоте 1,3 м и у шейки

корня, прирост и др. В дальнейшем определяли средние модели растений, с помощью которых по методике, принятой в лесной таксации, устанавливали ход роста в высоту и по диаметру, другие показатели.

Результаты замеров обрабатывали методами вариационной статистики (по способу сумм). Определяли основные таксационные показатели насаждений: средний диаметр, среднюю высоту – графическим способом.

При обработке полевых материалов применяли современные компьютерные программы «Stadia» и «Stad.bat», находили ошибку и достоверность опыта. Различия среднеквадратических отклонений оценивали по критерию Фишера.

*Результаты и обсуждения.* Ход естественного зарастания, рост и развитие травянистой, древесной и кустарниковой растительности на нарушенных территориях зависят в основном от климатических условий местности. Имеют значение элементы рельефа, состав и свойства горных пород на поверхности отвалов, по дну и откосам карьеров, гидрологический режим, возраст, размеры и конфигурации отвалов или выработок, высота над у. м., а также наличие прилегающей к месторождениям территорий древесной, кустарниковой и травянистой растительности, которая служит источником семян на нарушенных землях.

Лесорастительные условия на склонах отвалов и карьерах, а также по дну очень разнообразны, что оказывает значительное влияние на рост и развитие растений [1].

Акация белая произрастает на месторождениях по добыче строительного песка и кирпичных суглинков. На песках она начинает поселяться в нижней и средней частях карьера с разницей в 1 год, через 4...5 лет появляется вверху и на дне. На суглинках акация белая на дне не обнаружена, заселение начинается в середине склона, где ее возраст равен 15 годам, и только через 6 лет она появляется вверху. По количеству и биометрическим показателям растений результаты в нижних частях откосов лучше в 1,3–5,0 раз (табл. 1).

Гледичия трехколючковая произрастает на карьере кирпичных суглинков. Ее наибольший возраст в верхних частях склона равен 24 годам, но количество растений в 1,5 раза больше в средней части.

Лещина обыкновенная произрастает на месторождениях вулканического пепла и вулканического туфа. Раньше она начинает расти на карьере вулканического пепла, где более рыхлые и влажные почвогрунты, ее возраст составляет 8...20 лет. На месторождении вулканического туфа возраст и биометрические показатели лещины обыкновенной увеличиваются в 1,2–2,5 раза от нижней к верхним частям склона. Это объясняется, прежде всего, примыканием леса к верхним частям карьера, где лучше увлажнение и плодороднее почва за счет падающих и перегнивающих ветвей и листьев, приносимых со стороны лесного массива. Средние и нижние части откосов представляют собой открытые участки, с повышенной солнечной радиацией, что затрудняет произрастание растений. Кроме того, на дне карьера постоянно ведутся разработка и вывозка сырья.

Из трех видов тополей, произрастающих на техногенных землях КБР, ранее других начинает заселяться тополь бальзамический. На месторождении песчано-гравийной смеси его возраст у основания карьера равен 20 годам. С высотой откоса возраст уменьшается и в верхней части составляет 9 лет, что в 2,2 раза меньше. Вполне закономерно, что в верхней части откоса возраст и количество тополя бальзамического меньше, чем у основания и днища карьера. Это характерно и для тополя белого, количество которого в средней части в 1,2 раза меньше, чем в нижней.

**Сравнительная характеристика древесных пород и кустарников  
на различных частях откосов нарушенных земель КБР**

Порода	Месторождение	Часть откоса	А, лет	Густота, тыс.шт./га	Высота, м	Диаметр, см	
Акация белая	Строительный песок	Верхняя	8	0,1	2,1±0,10	6,1±0,28	
		Средняя	12	0,3	2,8±0,12	10,2±0,49	
		Нижняя	13	0,4	4,2±0,20	15,8±0,78	
		Дно	8	0,5	3,6±0,17	8,2±0,37	
	Кирпичные суглинки	Верхняя	9	0,3	3,0±0,13	10,5±0,42	
		Средняя	15	0,7	5,2±0,19	14,8±0,55	
	Гледичия трехколючковая	Кирпичные суглинки	Верхняя	24	0,6	8,0±0,33	22,2±0,89
			Средняя	12	0,9	3,9±0,15	15,0±0,40
Лещина обыкновенная	Вулканический пепел	Верхняя	20	0,1	5,1±0,14	6,3±0,20	
		Средняя	8	0,2	2,0±0,10	2,6±0,10	
		Нижняя	15	0,2	4,0±0,17	5,2±0,18	
	Вулканический туф	Верхняя	15	0,3	4,3±0,17	5,8±0,16	
		Средняя	7	0,2	3,4±0,13	5,5±0,18	
		Нижняя	6	0,3	2,0±0,10	4,3±0,17	
Тополь бальзамический	Песчано-гравийная смесь	Верхняя	9	0,3	3,0±0,09	14,0±0,42	
		Средняя	13	0,7	8,3±0,32	23,0±0,67	
		Нижняя	20	0,6	11,3±0,41	34,1±0,84	
	Строительный песок	Верхняя	12	0,4	3,7±0,16	10,4±0,44	
		Средняя	8	0,5	2,9±0,11	7,2±0,35	
		Нижняя	8	0,8	2,7±0,12	7,2±0,31	
		Дно	5	1,0	2,5±0,10	4,4±0,18	
	Тополь белый	Песчано-гравийная смесь	Средняя	13	0,6	6,6±0,23	19,5±0,35
Нижняя			13	0,7	7,5±0,25	22,2±0,40	
Ива трехтычинковая	Строительный песок	Верхняя	25	0,2	7,1±0,32	12,0±0,57	
		Средняя	7	0,5	1,9±0,08	3,4±0,14	
		Нижняя	9	0,8	3,0±0,13	4,2±0,18	
		Дно	7	1,2	2,8±0,13	3,9±0,11	
Ива остролистная	Строительный песок	Средняя	5	0,4	1,9±0,06	2,9±0,14	
		Нижняя	9	0,9	3,4±0,14	3,4±0,15	
Ива козья	Песчано-гравийная смесь	Верхняя	6	0,4	1,8±0,08	4,1±0,18	
		Средняя	8	0,5	2,0±0,08	4,6±0,21	
		Нижняя	9	0,9	2,3±0,11	5,1±0,20	
	Вулканический пепел	Нижняя	11	0,4	3,6±0,14	5,1±0,15	
		Дно	15	1,0	4,6±0,17	5,9±0,17	
	Вулканический туф	Верхняя	6	0,3	1,3±0,06	3,9±0,13	
Средняя		9	0,5	2,3±0,11	6,2±0,22		
Нижняя		13	0,9	3,2±0,15	8,6±0,41		

Обратная закономерность наблюдается на месторождении строительных песков, где тополь бальзамический вначале селится в верхней части карьера и только через 4...7 лет начинает расти в средней, нижней частях и на дне. В то время, когда верхняя часть откоса уже была отработана и постепенно зарастала, по днищу передвигались машины и механизмы, что, конечно, сдерживало распространение растительности, отсюда и разница в возрасте. Однако количество растений на обоих участках в нижней части склона и на дне в 1,8–2,5 раза больше, чем в середине и вверху.

На карьере по добыче строительных песков естественно растут ивы трехтычинковая и остролистная, распространение и развитие которых зависит от частей склона.

Ива козья, произрастающая на месторождениях песчано-гравийной смеси, вулканического пепла и вулканического туфа, появляется вначале внизу карьеров, а затем распространяется к вершине склона. Здесь четко прослеживается закономерность распространения растений от нижней к верхней частям склона, присутствующая на нарушенных землях.

В условиях КБР температура приземного воздуха в летние месяцы на южных и западных склонах на 1 °С выше, чем на северных и восточных. Температура поверхности почвы южных склонов днем на 6...8 °С, а ночью на 1,5...2,0 °С больше, чем у северных. Следовательно, на склонах западной и особенно южной экспозиций влияние температурного фактора заметно сильнее, чем на противоположных.

Важным условием роста деревьев и кустарников является обеспечение их почвенной влагой. Меньшая влажность почвы отмечена на склоне южной экспозиции, большая – северной. По дну карьеров режим влажности почвы несколько лучше, чем на склонах. Это объясняется как поверхностными, так и грунтовыми стоками воды в период выпадения осадков [1].

Обследование состояния быстрорастущих пород на выбранных объектах и влияние экспозиции откосов позволяют сделать следующие заключения. В основном лучшие условия произрастания складываются на склонах восточной и северной экспозиций. Однако тополь бальзамический на месторождении песчано-гравийной смеси имеет самые хорошие показатели на западном склоне. Объясняется это близостью озера, образовавшегося на дне карьера. Здесь возраст тополя достигает 20 лет, что на 4...7 лет выше, чем на других экспозициях. В карьере по добыче строительных песков тополь бальзамический лучшие показатели имеет на восточном склоне, где селится на 4...10 лет раньше.

Акация белая предпочитает месторождения кирпичных суглинков, где она вначале заселяет северный откос, более увлажненный и менее подверженный солнечной радиации. Через 7 лет она появляется на восточной и только через 10 лет на южной части карьера, где сильнее солнечная радиация и испаряемость влаги с поверхности почвы. Лещина обыкновенная занимает все экспозиции только на месторождении вулканического пепла. Она поселяется одновременно на северном и южном откосах, которые вплотную примыкают к лесному массиву.

Среди трех видов ив, произрастающих на бросовых землях Кабардино-Балкарии, наибольшее распространение получила козья, которая заселяется на месторождениях по добыче песчано-гравийной смеси, вулканического пепла и вулканического туфа. На карьерах песчано-гравийной смеси и вулканического туфа она появляется на всех четырех экспозициях почти одновременно с разницей в 1...2 года. Так как она растет в нижних частях откоса, в более увлажненных и за-

тененных местах, на нее не оказывает особого влияния экспозиция откосов. Но все-таки в карьере вулканического туфа показатели ее роста выше на восточном склоне.

В заключение можно отметить, что на каждом месторождении показатели состояния быстрорастущих пород в разных частях откосов и экспозициях имеют свои особенности, которые зависят от многих факторов. Если участок открыт со всех сторон и на него не влияют лес, реки, горы и т. д., для роста растений благоприятнее северная и восточная экспозиции. Лучшие показатели роста деревьев и кустарников отмечаются на нижних участках карьерных откосов, в 1,2–3,7 раза выше, чем на верхних.

На всех месторождениях прослеживается четкая закономерность: текущий прирост деревьев и кустарников больше среднего годового. Отсюда следует, что в первые годы жизни рост растений замедлен. Сказывается недостаток влаги, низкое плодородие почвогрунтов, слабо развитая корневая система и др.

Ввиду многообразия факторов, влияющих на распространение и развитие растительности в техногенных ландшафтах КБР, при биологической рекультивации необходимо учитывать особенности каждого отдельно взятого месторождения, его частей и элементов, расположения в конкретном регионе, условия окружающей среды. Проведение биологической рекультивации диктуется не только целесообразностью восстановления нарушенных земель и возвращения их сельскохозяйственному и лесному производством, возмещения ущерба от совершенного нарушения, но и необходимостью проведения мероприятий по поддержанию установившегося в природе экологического равновесия за счет увеличения площадей земель с древесно-кустарниковой и травянистой растительностью. В выполнении этих задач важное значение имеет введение быстрорастущих древесных пород во вновь создаваемые защитные лесные насаждения в целях снижения водной и ветровой эрозии почв. Такие посадки улучшат состояние нарушенных земель в более короткий срок и решат задачу скорейшего их восстановления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Расулов А.Р.* Расчет влагозапасов в почве по агроклиматическим показателям // Материалы науч.-практ. конф., посвященной 25-летию КБГСХА. Секция «Агрономические науки». Нальчик, 2006. С. 27–28.
2. Сводный отчет о рекультивации земель, снятии и использовании плодородного слоя почвы в КБР за 2009 г. // Государственный земельный комитет РФ КБР. Нальчик, 2010. 2 с.
3. *Щепотьев Ф.Л., Павленко Ф.А.* Быстрорастущие древесные породы. М.: Сельхозиздат, 1962. 373 с.

Поступила 24.08.09

*I.N. Aliev*

North-Caucasian Scientific Research Institute of Mountain and Submountain Horticulture

#### **Fast-growing Species on Technogenic Soil of Northern Caucasus Central Part**

The natural process of overgrown technogenic soil in Kabardino-Balkarian Republic is analyzed. The peculiarities of spreading, growth and development of fast-growing species on the open-pit slopes are revealed depending on the type of extracted raw material, slope parts and expositions. The role of these species in misused soil recultivation is determined.

*Keywords:* fast-growing species, recultivation, natural overgrowth, technogenic soil, ecological conditions, slope, open pit

УДК 630\*161.4:631.811

**В.Н. Коновалов<sup>1</sup>, Л.В. Зарубина<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова<sup>2</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия

Коновалов Валерий Николаевич родился в 1940 г., окончил в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и защиты леса Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 115 печатных работ в области эколого-физиологического обоснования эффективности лесосушения на Севере, подсадки и прижизненного просмоления древесины, применения минеральных удобрений в лесных экосистемах, способов рубок, изучения природы лесов Крайнего Севера, сезонного роста древесных пород и др.

Тел.: (8182) 21-61-58



Зарубина Лилия Валерьевна родилась в 1975 г., окончила в 1997 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Вологодской государственной молочнохозяйственной академии. Имеет 30 печатных работ по экологии и физиологии осушаемых лесов, биологии рубок, вопросам минерального питания и др.

Тел.: 8-921-684-31-56



## **ВЛИЯНИЕ ПОДСОЧКИ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У СОСНЫ**

Выявлено негативное влияние обычной подсадки на содержание пигментов и положительное влияние подсадки с водным настоем кормовых дрожжей на физиологию сосны обыкновенной на удобренных лесных почвах. Показана динамика содержания пигментов, скорость фотосинтеза и дыхания у подсачиваемых деревьев сосны разной смолопродуктивности и в зависимости от вида вносимых минеральных удобрений.

*Ключевые слова:* сосна, подсадка, физиология, минеральные удобрения, настой кормовых дрожжей.

Живица, добываемая при подсадке сосны, является продуктом жизнедеятельности дерева. На ее накопление расходуется значительная часть органических веществ, образующихся в процессе фотосинтетической деятельности дерева. В связи с этим представляет значительный интерес вопрос о степени влияния подсадки на жизнедеятельность дерева, на такие важные показатели, как ход основных физиологических процессов, выход живицы, устойчивость против энтомологических вредителей. К сожалению, подавляющее большинство исследовательских работ относится к технологической стороне проблемы. Биологический же аспект, в частности, влияние подсадки на процессы жизнедеятельности сосны, остается недостаточно изученным. Считается, что смолопродуктивность сосны определяется не столько густотой смоляных ходов и объемом смолоносной системы, сколько уровнем жизнедеятельности, степенью интенсивности физиологических процессов, протекающих в подсачиваемом дереве [2].

В настоящее время подсадное производство в России после небольшого затишья вновь начинает возрождаться, в связи с чем остро встает вопрос об изыскании наиболее эффективных способов повышения смолопродуктивности деревьев и выхода живицы. Наиболее эффективными мерами являются: внедрение передовых технологий, осушение заболоченных сосняков, рубки ухода, внесение в почву подсачиваемых насаждений минеральных удобрений [6]. Однако фактически не

исследовано влияние применяемых при подсочке технологических приемов, удобрений, стимуляторов смолообразования и смолы выделения на физиологические процессы подсачиваемых сосняков. А.В. Гордеев (цит. по [2]), определяя перспективные направления использования сосны как объекта подсочки, подчеркивал, что нет даже приблизительного представления о физиологии подсачиваемых деревьев.

Цель нашей работы – изучение влияния разных технологических схем подсочки с применением дрожжевых стимуляторов смолы выделения и внесения минеральных удобрений на скорость физиологических процессов подсачиваемых деревьев сосны обыкновенной в условиях Европейского Севера. Исследования проводились на территории бывшего Емецкого лесхоза Архангельской области (средняя подзона тайги) на участках опытной и производственной подсочки в сосняках черничном IV класса бонитета, VII класса возраста и мохово-лишайниковом V и VII классов соответственно. Подсочка выполнялась по II категории нагрузки, шаг подсочки 1,2 см, пауза 4 дня. Изучали две технологические схемы подсочки: 1) первые два года – нисходящим, последующие три – восходящим способом; 2) весь период – восходящим способом. В качестве стимулятора смолы выделения использован водный настой кормовых дрожжей 5 %-й концентрации (НКД). Исследовали также физиологическое состояние высоко- и низкосмолопродуктивных деревьев и их реакцию на подсочные ранения. Контролем служили насаждения без подсочки. Изучали также влияние подсочки с дрожжевым стимулятором на физиологические процессы удобренных сосняков. Удобрения внесены в почву весной по схеме: N200; N200K100; N200P200; P200K200; K100. Контролем были аналогичные сосновые насаждения, но без внесения минеральных удобрений.

#### *Влияние подсочки на физиологические процессы у сосны*

Важным показателем, характеризующим работу ассимиляционного аппарата и его реакцию на воздействие экзогенных факторов, является содержание в нем пластидных пигментов [17]. Усредненные данные (по 8–10 повторностям) о влиянии технологии подсочки на содержание пигментов у сосны в сосняке черничном на участке опытной подсочки АИЛиЛХ (ныне СевНИИЛХ) приведены в табл. 1 (1985 г.)

Таблица 1

#### **Влияние технологии подсочки на содержание пигментов**

Способ подсочки	Смолопродуктивность деревьев	Концентрация пигментов, мг/г			Хлорофилл Каротиноиды
		Хлорофилл	Каротиноиды	Итого	
Без подсочки	–	0,94±0,030	0,30±0,009	1,24±0,019	2,6
Обычная, без стимулятора, схема 1	Низкая	0,85±0,014	0,31±0,012	1,16±0,010	2,7
	Высокая	0,76±0,017	0,28±0,010	1,04±0,015	2,7
С НКД, схема: 1	Высокая	0,93±0,010	0,35±0,006	1,28±0,015	2,7
	Низкая	0,89±0,021	0,33±0,007	1,22±0,013	2,7
2	Высокая	0,90±0,018	0,32±0,005	1,22±0,011	2,8
	Низкая	0,86±0,011	0,33±0,009	1,19±0,019	2,8

Анализ данных показывает, что обычная подсочка у сосны (без стимулятора смолы выделения) снижает концентрацию зеленых и каротиноидных пигментов. Так, количество хлорофилла в прошлогодней хвое заподсоченных деревьев в июле в среднем было на 17 %, каротиноидов на 20 % ниже, чем у неподсоченных. Наиболее существенно содержание пигментов уменьшилось у высокосмолопродуктивных деревьев, наиболее жизнеспособных. Причиной могла стать переориентировка метаболических процессов и отвлечение метаболитов фотосинтетического цикла с образования пигментов на биосинтез живицы, поскольку выход последней у данной группы деревьев оказался в 3–4 раза больше, чем у низкосмолопродуктивных [9]. В то же время в результате подсочки качественный состав пигментов существенно не изменился. Подтверждением служат полученные нами количественные данные, показывающие незначительные изменения в соотношении суммы хлорофиллов к сумме каротиноидов, равном 2,6...2,7 у контрольных и опытных растений (см. табл. 1).

Применение НКД в качестве стимулятора смолы выделения в целом оказало положительное действие на пигментный аппарат сосны. Под действием НКД содержание пигментов у подсачиваемых с этим стимулятором деревьев возросло по сравнению с обычной подсочкой (без стимулятора) на 5...19 % и приблизилось к уровню, который имели неподсоченные деревья. Наиболее значительно содержание пигментов возросло у высокосмолопродуктивных деревьев. Механизм действия стимулятора на физиологические процессы дерева до конца пока не изучен. Согласно литературным данным [4], в составе кормовых дрожжей содержатся многие физиологически активные вещества (витамины, микро- и макроэлементы, ферменты). При поступлении в метаболические центры дерева они способны оказывать активирующее действие на работу и синтез различных групп фитогормонов, осуществляющих регуляцию клеточного метаболизма на разных уровнях, в том числе синтез пигментов. Этим обстоятельством, возможно, и обусловлено отмечаемое нами усиление синтеза пигментов и накопление их у подсачиваемых деревьев. Существенной разности в эффективности действия стимулятора по разным технологическим схемам нами не выявлено, хотя отмечена некоторая тенденция в повышении количества пигментов в хвое при подсочке по первой технологической схеме.

Известно, что подсочка усиливает отток ассимилятов из кроны в зону карры [16, 18], поэтому у подсачиваемых деревьев следовало ожидать повышения интенсивности фотосинтеза как источника углеродных соединений, необходимых для синтеза живицы. Исследованиями установлено, что применение при подсочке НКД увеличивало интенсивность фотосинтеза в первый год на 14...21 %. На пятый год при обычной подсочке (без стимулятора) скорость поглощения  $\text{CO}_2$  сосной по сравнению с контролем (без подсочки) возросла на 4...11 % (табл. 2, освещенность 34 тыс. лк), что может свидетельствовать о более интенсивном у подсачиваемых деревьев освобождении ассимиляционного аппарата от продуктов фотосинтеза и более активном использовании ассимилятов на биосинтез живицы. Однако статистически эти различия на уровне значимости не доказаны ( $t = 0,5...1,7$  при  $t_{0,95} = 2,1$ ).

Применение в течение 5 лет водного настоя кормовых дрожжей на 5-й год вызвало увеличение интенсивности фотосинтеза у подсачиваемых деревьев на 6...10 % и на 11...17 % по сравнению с незаподсоченными. Фотосинтез оказался примерно одинаковым при подсочке как по первой, так и по второй технологическим схемам.

Таблица 2

**Интенсивность фотосинтеза прошлогодней хвои при подсочке сосны**

Способ подсочки	Смоло-продуктивность деревьев	Фотосинтез			
		мг CO <sub>2</sub> /(г·ч)*	% к контролю (подсочки)	<i>t</i>	
Без подсочки	–	18,9±0,83	100	–	
Обычная, без стимулятора, схема 1	Низкая	19,5±0,80	104	0,52	
	Высокая	20,9±0,82	111	1,71	
С НКД, схема:	1	Высокая	21,1±1,08	112	1,63
		Низкая	22,2±0,88	117	2,73
	2	Высокая	22,1±0,85	117	2,67
		Низкая	20,8±0,73	111	1,71

\* Здесь и далее расчет дан на абс. сухое вещество.

Известно, что образование и передвижение веществ по растению связано с затратой энергии, вырабатываемой в процессе дыхания [9–11], поэтому можно предположить, что в качестве ответной реакции на значительный расход органических веществ в зоне карры на биосинтез живицы у подсачиваемых с этим стимулятором деревьев должно усилиться темновое дыхание [15]. Однако, как показали результаты наших опытов (табл. 3), во всех случаях скорость выделения CO<sub>2</sub> хвоей у опытных деревьев оказалась близка к контролю. Это положение подтверждается также в ряде работ, выполненных при подсочке сосны с серной кислотой [13, 14].

Таким образом, при нанесении подсочных ранений на дерево ассимиляционный аппарат сосны претерпевает ряд физиолого-биохимических изменений: снижается количество пластидных пигментов, несколько усиливается интенсивность поглощения CO<sub>2</sub>, возрастает работоспособность хлорофилла. Анализ результатов исследований показывает, что деревья с высоким уровнем жизнеспособности обладают и высокой смолопродуктивностью [9].

Таблица 3

**Интенсивность дыхания хвои подсачиваемых деревьев сосны**

Способ подсочки	Смоло-продуктивность деревьев	Интенсивность дыхания, мг CO <sub>2</sub> /(г·ч), при температуре, °С		
		16,4	18,0	
Без подсочки	–	0,51	0,55	
Обычная, без стимулятора, схема 1	Низкая	0,53	0,50	
	Высокая	0,48	0,50	
С НКД, схема:	1	Высокая	0,49	0,53
		Низкая	0,48	0,51
	2	Высокая	0,57	0,57
		Низкая	0,48	0,60

Применение водного настоя кормовых дрожжей в качестве стимулятора смоловыделения активизирует фотосинтетическое поглощение  $\text{CO}_2$ , способствует увеличению концентрации в хвое зеленых и каротиноидных пигментов и в целом ведет к повышению смолообразования и смоловыделения. Данный стимулятор, действуя на зону активного смолообразования, одновременно оказывает влияние и на процессы метаболизма, что дает основание говорить о кормовых дрожжах как о стимуляторе общего действия. Ранее было отмечено также аналогичное действие сульфитрина [18].

*Влияние минеральных удобрений на физиологию подсаживаемых сосен*

Среди факторов внешней среды, во многом определяющих нормальную работу ассимиляционного аппарата, одно из важных мест занимают условия минерального питания растений. Влияние минеральных удобрений на физиологию подсаживаемых деревьев сосны нами изучалось на участках подсочки в сосняках черничном и мохово-лишайниковом. Подсочку проводили с применением настоя кормовых дрожжей по обеим технологическим схемам. Результаты исследований содержания пластидных пигментов показывают, что внесение в почву удобрений усиливает биосинтез хлорофилла и каротиноидов у подсаживаемых деревьев и приводит к накоплению их в хвое (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние минеральных удобрений на содержание пигментов, мг/г, в прошлогодней хвое подсоченных с НКД и неудобренных сосен**

Вариант опыта	Сосняк черничный		Сосняк моховолишайниковый	
	Хлорофилл	Каротиноиды	Хлорофилл	Каротиноиды
Контроль, подсочка без удобрений	0,92±0,015	0,35±0,006	0,90±0,009	0,33±0,006
K100	0,93±0,012	0,34±0,004	0,88±0,024	0,34±0,009
N200	1,04±0,012	0,37±0,008	1,05±0,020	0,37±0,009
N200K100	1,02±0,021	0,36±0,011	1,00±0,022	0,35±0,005
N200P200	1,08±0,019	0,36±0,004	1,07±0,021	0,38±0,010
P200K200	1,00±0,038	0,36±0,013	0,97±0,032	0,37±0,009

Из данных табл. 4 видно, что спустя три года после внесения в почву удобрений хвоя подсаживаемых с НКД деревьев сосны на удобренных площадках в летний период (июль) содержала хлорофилла на 11...19 %, каротиноидов на 6...15 % больше, чем в контроле, где подсочка проводилась с НКД, но без внесения минеральных удобрений. Максимальная концентрация пигментов наблюдалась у деревьев на площадках с азотом (N, NP, NK). При дефиците этого элемента в ризосфере (варианты K, PK, контроль) активная деятельность пигментного комплекса у подсаживаемых деревьев оставалась подавленной. Содержание пигментов в этих вариантах превышало контроль лишь на 2...7 %. Можно полагать, что основной причиной наблюдаемого накопления пигментов у деревьев на площадках с азотом стало усиление жизнедеятельности корней под его влиянием [5, 7–10, 13,], а также увеличение их массы [1] и связанное с ним повышение поглотительной способности. Известно также, что корни являются местом выработки многих активных соединений, среди них пигменты [3] и цитокинины [19]. Последние, вмешиваясь в жизнь растения, контролируют работу всех его основных органов, а передвигаясь в надземную часть, способны

воздействовать на деятельность активных центров, в том числе, видимо, и на биосинтез пигментов. Известно, что минеральные удобрения усиливают биосинтез цитокининов [12]. Несколько ошутимее влияние удобрений проявилось в сосняке мохово-лишайниковом. Это обусловлено, вероятно, относительной бедностью почвы данного типа леса элементами почвенного питания по сравнению с сосняком черничным. Благодаря большему содержанию пигментов подсаживаемые деревья, произрастающие на удобренной почве, стали усиленнее поглощать лучистую энергию и интенсивнее фотосинтезировать (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние минеральных удобрений на интенсивность фотосинтеза подсаживаемых с НКД сосен, мг CO<sub>2</sub>/(г·ч)**

Вариант опыта	Сосняк черничный		Сосняк мохово-лишайниковый	
	Фотосинтез	<i>t</i>	Фотосинтез	<i>t</i>
Контроль, подсочка без удобрений	30,7±1,3	–	35,9±1,65	–
K100	32,8±2,00	0,88	39,8±3,00	1,08
N200	37,9±2,24	2,77	42,6±1,90	2,64
N200K100	36,7±2,02	2,48	41,7±1,80	2,36
N200P200	39,0±2,43	3,00	44,9±2,08	3,35
P200K200	35,1±2,57	1,51	40,5±3,23	1,29

Максимальная интенсивность поглощения наблюдалась CO<sub>2</sub> у деревьев на площадках с азотом (варианты N и NP). Превышение интенсивности фотосинтеза у подсоченной сосны на площадках с этими удобрениями над контролем составляло 23...27 %. Статистически эти различия также достоверны ( $t = 2,6...3,5$  при  $t_{0,95} = 2,2$ ). На площадках с азотно-калийными удобрениями при всех значениях освещенности интенсивность фотосинтеза была выше, чем в контроле, в среднем на 17 %. Под влиянием фосфорно-калийных удобрений она увеличилась на 13...15 %, а одного калия – на 7...12 %, однако статистически эти различия оказались ниже доверительного уровня ( $t \leq 2,2$ ).

Исходя из приведенных данных, можно считать доказанным, что повышение интенсивности фотосинтеза, как и содержания пигментов, у подсаживаемых сосен в изучаемых типах лесорастительных условий обусловлено в основном действием азота. По сравнению с обычной подсочкой (без стимулятора) интенсивность фотосинтеза при подсочке с НКД по фону удобрений возросла почти в 1,4 раза, при этом основной вклад внесли удобрения (до 70 %). Дополнительное увеличение фотосинтеза при подсочке с НКД в данных условиях не превысило 28 %. Расчет интенсивности фотосинтеза на хлорофилл показал, что при внесении удобрений фотохимическая активность пигмента у деревьев на опытных площадках сохранялась на уровне, близком к контролю. Внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на дыхание хвои. Как видно из данных табл. 6, скорость выделения CO<sub>2</sub> у подсоченных с НКД деревьев на удобренных площадках при всех температурных градиентах близка к контролю.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что применение при подсочке сосны водного настоя кормовых дрожжей в качестве стимулятора смолы выделения изменяет процессы обмена веществ у сосны в направлении, ведущем к усилению биосинтеза пигментов и активизации поглощения CO<sub>2</sub>.

Влияние удобрений на дыхание хвои подсаженных сосен, мг CO<sub>2</sub>/(г·ч)

Вариант опыта	Сосняк черничный		Сосняк мохово-лишайниковый	
	при температуре, °С			
	18,1	20,3	21,0	22,4
Контроль, подсочка без удобрений	0,52	0,69	0,75	0,80
K100	0,53	0,73	0,80	0,81
N200	0,55	0,71	0,79	0,81
N200K100	0,50	0,68	0,82	0,86
N200P200	0,54	0,67	0,77	0,78
P200K200	0,61	0,72	0,81	0,79

Под влиянием дрожжевого стимулятора содержание пигментов в хвое подсаживаемых деревьев возрастает на 5...19 %, интенсивность фотосинтеза на 6...11 % по сравнению с деревьями, подсаживаемыми без стимулятора. Особенности технологических схем (первая и вторая) существенного влияния не оказали на эффективность действия стимулятора.

Минеральные удобрения, улучшая условия роста сосны, через пять лет увеличивают у подсаживаемых с НКД деревьев содержание пигментов на 3...19 % и повышают интенсивность фотосинтеза на 10...27 % по сравнению с контрольными деревьями. В то же время применение НКД не ухудшает общего состояния подсаживаемых деревьев, но сама подсочка снижает прирост сосны по диаметру: за 4–6-летний период на 3...7 %, за 8–10-летний на 15...25 % по сравнению с контролем, однако выход живицы при этом остается стабильно высоким в течение 6...8 лет [9].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абражко М.А.* Влияние азотных удобрений на изменение массы и фракционный состав корней ели // Лесоведение. 1986. № 6. С. 75–80.
2. *Высоцкий А.А.* Влияние подсочки на жизнедеятельность сосны. М.: Наука, 1970. 65 с.
3. *Гавриленко В.Ф., Рубин Б.А.* О синтезе пластидных пигментов в корнях растений кукурузы, лука, редиса и ячменя // Роль минеральных элементов в обмене веществ и продуктивности растений. М.: Наука, 1964. С. 272–278.
4. *Егоренков М.А., Медников Ф.А.* Подсочка леса. Минск.: Высш. шк., 1983. 208 с.
5. *Зайцева М.Г.* Дыхание и минеральное питание растений // Физиология растений. 1965. Т. 12, вып. 5. С. 794–804.
6. Интенсификация подсочки и использование вторичной продукции леса: сб. науч. ст. Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. 144 с.
7. *Коновалов В.Н., Листов А.А.* Влияние условий минерального питания на дыхание корней сосны обыкновенной // Лесн. журн. 1989. № 4. С. 15–19. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Коновалов В.Н., Вялых Н.И., Коновалова Л.В.* Эколого-физиологическое обоснование рубок главного пользования в лесах Европейского Севера // Антропогенное влияние на европейские таежные леса России. Архангельск: АИЛиЛХ, 1994. С. 38–52.
9. *Коновалов В.Н., Ярунов А.С.* Влияние подсочки сосны с применением дрожжевых стимуляторов смолы выделения на физиологическое и лесопатологическое состояние насаждений // Интенсификация подсочки и использование вторичной продукции леса. Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. С. 31–45.

10. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. 647 с.
11. Курсанов А.Л., Выскребенцева З.И. Метаболизм растения в условиях калийной недостаточности // Агрехимия. 1967. № 1. С. 65–77.
12. Меняйло Л.Н. Гормональная регуляция ксилогенеза хвойных. Новосибирск: Наука, 1987. 185 с.
14. Могилева Г.А., Расторгуева Е.Н. Состояние окислительно-восстановительных процессов у сосны в связи со смолообразованием // Тр. Ин-та леса и древесины СО АН СССР. Красноярск, 1963. Т. 60. С. 104–111.
13. Могилева Г.А., Расторгуева Е.Н. Транспирация и фотосинтез сосны в связи со смолообразованием // Там же. С. 92–103.
15. Строгонова Л.Е. О величине расхода органических веществ на дыхание в различных условиях минерального питания // Физиология растений. 1968. Т. 15, вып. 2. С. 272–280.
16. Сухов Г.В. Применение радиоуглерода в исследованиях биосинтеза терпенов // Физиология растений – агрохимия, почвоведение: тр. Всесоюз. науч.-техн. конфер. по применению радиоактивных и стабильных изотопов и излучений в народном хозяйстве и науке, 4–12 апр. 1958. М.: Цент. науч.-иссл. лесохимический ин-т, 1958. С.98–103.
17. Тарчевский И.А. Андрианова Ю.Е. Содержаие пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы // Физиология растений. 1980. Т. 27, вып. 2. С. 341–347.
18. Худяков В.А. Денисова И.Б., Козлова Т.Н. О влиянии подсочных ранений с применением химического воздействия на интенсивность передвижения  $C^{14}$ -ассимилятов у сосны обыкновенной // Передвижение веществ у растений в связи с метаболизмом и биофизическими процессами. Горький, 1976. С. 61–65.
19. Localization of Cytokinin Biosynthesis Sites in Plants and Carrot Roots [at all.] // Plant Physiol. 1985. Vol. 78, N 3. P. 510.

Поступила 16.12.10

*V.N. Konovalov<sup>1</sup>, L.V. Zarubina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov

<sup>2</sup>Vologda State Dairy Academy

### **Influence of Tapping and Mineral Fertilizers on Physiological Processes of Pine**

The negative impact of standard tapping on pigmentation is revealed as well as positive influence of tapping with aqueous infusion of nutrient yeast on Scotch pine physiology growing on fertilized forest soils. The dynamics of pigmentation, photosynthesis speed and breath of tapped pine trees of different resin productivity and dependence on introduced mineral fertilizers is shown.

*Keywords:* pine, tapping, physiology, mineral fertilizers, nutrient yeast infusion.

УДК 574:574.3:582.475.4

**А.И. Видякин<sup>1</sup>, С.Н. Санников<sup>2</sup>, И.В. Петрова<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Институт биологии КомиНЦ УрО РАН<sup>2</sup>Ботанический сад УрО РАН

Видякин Анатолий Иванович родился в 1948 г., окончил в 1973 г. Уральский лесотехнический институт, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 100 научных работ по проблемам популяционной экологии, фенетики, феногеографии, селекции и семеноводства лесных древесных растений.

E-mail: les@aiv.kirov.ru



Санников Станислав Николаевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Уральский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН. Имеет более 200 научных работ в области популяционной генетики, экологии и географии древесных растений, лесной пирозологии и биогеоценологии.

E-mail: stanislav.sannikov@botgard.uran.ru



Петрова Ирина Владимировна родилась в 1954 г., окончила в 1979 г. Тюменский государственный университет, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора Ботанического сада УрО РАН. Имеет 149 научных публикаций в области популяционной генетики, экологии и географии лесных древесных растений.

E-mail: irina.petrova@botgard.uran.ru



## **МОРФОФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В БАССЕЙНАХ РЕК ЮГ И СЕВЕРНАЯ ДВИНА\***

Изучена изменчивость фенотипических индексов шишек сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на территории водосборных бассейнов р. Юг и верхнего течения р. Северной Двины, а также на смежных водораздельных территориях. Установлено, что классовые частоты индексов шишек в пределах водосборного бассейна однородны, но статистически значимо отличаются от аналогичных рядов распределений на водоразделах.

*Ключевые слова:* сосна обыкновенная, фенотипический индекс, географическая изменчивость.

Изучение структуры, дифференциации и границ природных популяций на различных уровнях их внутривидовой биохорологической интеграции – одна из основных проблем современной популяционной биологии [1, 17, 20]. Для древесных растений, в частности сосны обыкновенной, решение ее возможно на основе применения системы количественных феногеографических методов, позволяющих оценить хорологическую однородность и специфичность определенных признаков-маркеров и на этой основе выявить популяционную структуру вида [13]. При этом на первых этапах исследования, при использовании в качестве маркеров тщательно отобранных генетически детерминированных морфологических признаков, могут быть достаточно информативными методы фенотипического (особенно фенетического) анализа.

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 09-04-00177-а) и Программы

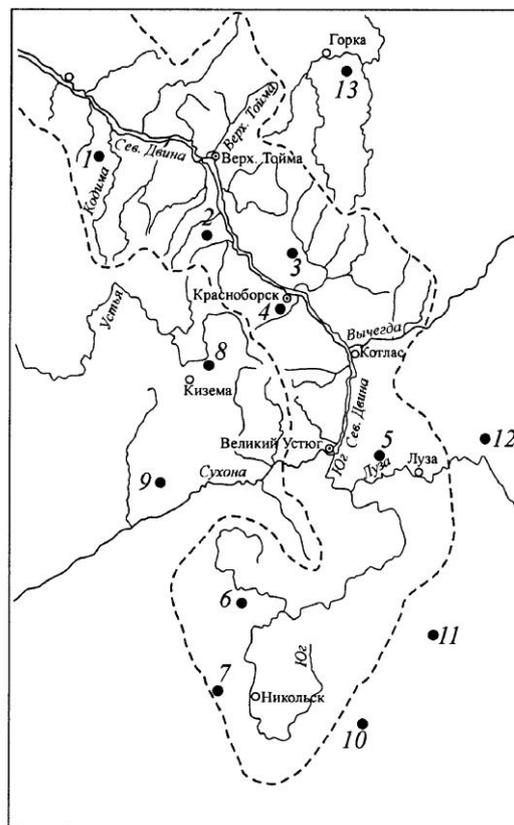
Ранее проведенные нами феногеографические исследования сосны обыкновенной на северо-востоке Русской равнины показали, что популяционно-хорологическая структура вида на этой территории представляет собой трехуровневую иерархическую систему, включающую локальные популяции, группы популяций, «миграционные комплексы групп популяций» [7–9]. Основными морфофенотипическими признаками-маркерами, дифференцирующими вид на группы популяций, являются аллометрические индексы формы шишек и формы апофизов семенных чешуй [4, 5]. Выявлено, что в подзонах южной и средней тайги, хвойношироколиственных лесов группы популяций формируются в пределах крупных возвышенностей и низменностей [7].

Возможно, существует взаимосвязь данного уровня интеграции представителей вида и с другими формами физико-географической структуры ареала, в частности с водосборными бассейнами крупных восточно-европейских рек, текущих в северном и северо-западном направлении, по которым происходит гидрохорная миграция семян хвойных древесных растений [14, 15].

Целью настоящей работы является изучение изменчивости, однородности и специфичности индексов шишек сосны обыкновенной в долинах водосборных бассейнов р. Юг, верхнего течения р. Северной Двины и на сопредельной с ними водораздельной территории.

**Объекты и методы.** Район исследований (см. рисунок) включает два геоморфологических региона: 1) водосборные бассейны р. Юг от ее истока до устья и р. Северная Двина от места слияния р. Сухона и Юг до пос. Верхняя Тойма; 2) прилегающие к ним заводораздельные сопредельные территории. В водосборные бассейны входит левобережная и правобережная часть суши вдоль этих рек, включающая все притоки, а также нижнее течение р. Сухона, Вычегда, Луза, имеющих большую протяженность и обширную гидрографическую сеть. Граница водосборного бассейна

Карта-схема расположения мест заготовки шишек сосны обыкновенной в водосборном бассейне р. Юг, верхнего течения р. Северная Двина и на сопредельной территории: ---- граница водосборного бассейна • – номер выборки и место ее заготовки (лесничество, участковое лесничество): 1 – Верхнетоемское, Кодимское; 2 – Красноборское, Черевковское; 3 – то же, Праводвинское; 4 – то же, Красноборское; 5 – Великоустюгское, Палемское; 6 – Кичгородское, Кичгородское; 7 – Никольское, Кемское; 8 – Устьянское, Киземское; 9 – Нюксеницкое, Бобровское; 10 – Вохомское, Пеномское; 11 – Опаринское, Паломницкое; 12 – Лальское, Аникинское; 13 – Выйское, Илешское



проведена по водоразделам, с которых берут начало все притоки р. Юг и р. Северная Двина, кроме Сухоны, Вычегды и Лузы. По лесорастительному районированию район исследований относится к средней подзоне тайги [11]. Объектом исследований являются коренные насаждения сосны 80–120-летнего возраста с полнотой не менее 0,5 и участием сосны в видовом составе не менее 60 %. В районе исследований заложено 13 пробных площадей, в том числе 7 на территории водосборных бассейнов и 6 – на сопредельной с ним территории (см. рисунок). На них собрано по 10 шишек с каждого из 70...80 деревьев.

У всех шишек измеряли длину ( $L$ ) и максимальный диаметр ( $D$ ); после этого их высушивали при температуре +50 °С [18] и готовили коллекцию семенных чешуй каждого дерева. В нее включали по две наиболее крупные семенные чешуи каждой из пяти шишек, вырезанные из их средней части с освещенной стороны. У каждой семенной чешуи с помощью окулярмикрометра измеряли длину передней ( $A_1$ ) и задней ( $A_2$ ) частей апофиза, ширину апофиза ( $B$ ), а также высоту апофиза ( $H$ ) штангенциркулем. На основании полученных данных для всех шишек каждого дерева вычисляли относительные индексы формы шишек ( $D/L$ ), индекс формы апофиза семенной чешуи ( $H/B$ ), индекс формы основания апофиза ( $B/A$ ), индекс формы передней части апофиза ( $A_1/B$ ), индекс расположения центра апофиза ( $A_1/A_2$ ). Подробная методика измерения признаков и вычисления индексов изложена ранее [3].

Результаты и обсуждение. Анализ полученных данных показывает, что на территории водосборного бассейна пределы изменчивости средних значений аллометрических индексов выборок небольшие и составляют: по форме шишек 0,49...0,50, форме апофиза 0,39...0,44, форме основания апофиза 0,90...0,95, форме передней части апофиза 0,48...0,50, по расположению центра апофиза 0,77...0,82 (табл. 1).

Таблица 1

## Средние значения и пределы изменчивости индексов шишек

№ вы-борки	Индекс формы				
	шишек	апофиза	основания апофиза	передней части апофиза	расположения центра апофиза
Водосборный бассейн					
1	0,50(0,40...0,58)	0,40(0,26...0,66)	0,93(0,73...1,19)	0,49(0,34...0,65)	0,82(0,57...1,26)
2	0,49(0,40...0,57)	0,41(0,24...0,63)	0,92(0,72...1,20)	0,49(0,33...0,69)	0,80(0,54...1,17)
3	0,49(0,45...0,58)	0,40(0,23...0,59)	0,91(0,72...1,26)	0,50(0,34...0,71)	0,80(0,51...1,16)
4	0,50(0,42...0,56)	0,42(0,25...0,65)	0,92(0,70...1,22)	0,49(0,33...0,69)	0,79(0,54...1,11)
5	0,49(0,41...0,57)	0,39(0,23...0,60)	0,95(0,75...1,25)	0,48(0,34...0,74)	0,80(0,57...1,22)
6	0,50(0,40...0,58)	0,41(0,25...0,64)	0,93(0,71...1,23)	0,48(0,34...0,72)	0,79(0,55...1,14)
7	0,49(0,40...0,54)	0,44(0,26...0,66)	0,90(0,66...1,19)	0,49(0,31...0,66)	0,77(0,54...1,07)
Сопредельная территория					
8	0,48(0,41...0,56)	0,39(0,23...0,69)	0,94(0,70...1,36)	0,47(0,33...0,69)	0,78(0,57...1,27)
9	0,46(0,37...0,52)	0,39(0,22...0,67)	0,95(0,75...1,22)	0,46(0,34...0,70)	0,77(0,56...1,26)
10	0,47(0,39...0,55)	0,35(0,22...0,55)	1,01(0,84...1,28)	0,42(0,27...0,58)	0,74(0,50...1,18)
11	0,47(0,39...0,55)	0,40(0,22...0,66)	0,90(0,72...1,20)	0,47(0,34...0,69)	0,72(0,57...0,98)
12	0,47(0,38...0,52)	0,42(0,25...0,71)	0,85(0,70...1,11)	0,53(0,36...0,68)	0,81(0,61...1,05)
13	0,50(0,43...0,59)	0,37(0,24...0,56)	0,96(0,76...1,18)	0,45(0,34...0,63)	0,74(0,52...1,08)

Пределы индивидуальной изменчивости средних значений индексов каждой выборки как в водосборном бассейне, так и на сопредельной с ним территории почти одинаковые. Аналогичные параметры изменчивости изучаемых индексов характерны для всей территории северо-востока Русской равнины.

Ранее установлено, что средние значения индексов варьируют в пространстве хаотично и не отражают популяционно-хорологическую дифференциацию вида [3–5]. Однако при одинаковых или очень близких средних значениях этих индексов выборки могут статистически значимо различаться по классовым частотам рядов распределений и характеризовать генетическую гетерогенность *Pinus sylvestris* на различных уровнях структурной биохорологической организации вида [6].

Для проведения такой оценки значения каждого изучаемого индекса каждого дерева той или иной выборки группировали по классам частот в соответствии с общепринятыми классовыми интервалами [10,12]. В итоге получены эмпирические распределения частот по индексам формы шишек (табл. 2) и другим изучаемым индексам.

Сравнительный анализ рядов распределений частот показал, что вся совокупность выборок в пределах водосборного бассейна по каждому индексу статистически однородна, так как вычисленные значения  $\chi^2$  [2] по индексу формы шишек равны 12,4, апофиза – 13,6, основания апофиза – 22,1, передней части апофиза – 21,8, индексу расположения центра апофиза семенной чешуи – 15,4 при  $\chi^2_{05} = 28,9$ .

Поэтому с помощью критерия  $\chi^2$  можно провести статистическую оценку достоверности различий данной совокупности с выборками № 8–13 сопредельных территорий. С этой целью для выборок с водосборного бассейна (№ 1–7) вычислены средние значения классовых частот по индексу формы шишек (табл. 2) и индексу расположения центра апофиза. Затем каждый полученный вариационный ряд с помощью критерия  $\chi^2$  [12] сравнивался с аналогичными данными каждой выборки сопредельной территории. Установлено, что различия между сравниваемыми вариантами статистически значимы (табл. 3).

Таблица 2

**Частоты классов рядов распределений деревьев, шт.**

№ выборки	Классы индекса формы шишек								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Водосборный бассейн									
1	0	1	1	10	21	20	12	1	66
2	0	1	1	10	24	22	10	0	68
3	0	0	0	12	27	23	7	1	70
4	0	0	1	10	25	24	8	1	69
5	0	0	2	11	32	15	5	3	68
6	0	0	2	9	26	24	6	0	67
7	0	1	3	14	24	21	6	0	69
Всего	0	3	10	76	179	149	54	6	477
Среднее	0	0	2	11	26	21	8	1	69
Сопредельная территория									
8	0	0	10	20	21	14	5	0	70
9	2	3	15	18	25	7	0	0	70
10	0	1	10	22	28	8	2	0	71
11	0	3	6	25	19	15	1	0	69
12	0	1	7	19	27	15	1	0	70
13	0	0	1	5	17	25	14	5	67

## Достоверность различий между выборками

Сравниваемые выборки	$\chi^2_{\text{факт}}$ по индексу	
	формы шишек	расположения центра апофиза
Вс – № 8	11,0	13,8
Вс – № 9	31,2	18,1
Вс – № 10	20,8	14,5
Вс – № 11	18,4	15,0
Вс – № 12	13,9	14,4
Вс – № 13	9,4	16,3

Примечания: 1. Вс – средняя выборка с водосборного бассейна. 2. Для числа степеней свободы  $k = 2$   $\chi^2_{0,05} = 6,0$ ;  $\chi^2_{0,01} = 9,2$ ;  $\chi^2_{0,001} = 13,8$ .

Так как оба индекса являются признаками-маркерами группового уровня структурной биохорологической организации сосны обыкновенной [7], можно предположить, что сравниваемые поселения вида в водосборном бассейне и на сопредельной с ним территории относятся к феногенетически различным группам популяций.

К факторам генетической общности популяций *P. sylvestris* в водосборных бассейнах можно отнести гидрохорную миграцию семян по течению рек. В настоящее время экспериментально доказана высокая плавательная способность семян многих хвойных [21]. На примере рек Карпат, юга Русской равнины, Урала и Сибири установлено быстрое гидрохорное распространение семян и расселение самосева сосны обыкновенной [14, 22]. Показано значительное сходство аллозимной структуры популяций вдоль русел рек и ее достоверные различия с водораздельными поселениями этого вида [16]. В целом на основе результатов настоящего фенотипического исследования, аллозимных исследований на Урале и в Предуралье, гипотезы гидрохории семян хвойных [15] можно предположить приоритетную роль рек в позднеплейстоценовой миграции популяций *P. sylvestris* и на северо-востоке Русской равнины. Вполне вероятно, что расселение могло происходить из южно- и среднеуральских рефугиумов на северо-запад в направлении Уфа – Ижевск – Киров [19].

На основании проведенных исследований можно сделать следующее заключение. По комплексу наиболее информативных фенотипических индексов-маркеров шишек, характеризующих групповой уровень хорологической дифференциации поселений *P. sylvestris*, популяции, произрастающие в пределах водосборных бассейнов р. Юг и Северная Двина, статистически однородны. Однако они достоверно отличаются от хорологически смежных поселений этого вида, расположенных за пределами водоразделов рек по индексам формы шишек и расположения центра апофиза семенной чешуи. Поэтому можно предположить, что массивы сосны обыкновенной, произрастающие на территории водосборных бассейнов изучавшихся рек, относятся к одной феногенетически однородной группе популяций, а непосредственно за водоразделами этих рек – к другой. Одним из наиболее вероятных ведущих факторов феногенетической интеграции популяций сосны на значительном протяжении бассейнов рек региона является гидрохорная миграция семян в позднем плейстоцене из рефугиумов Южного Урала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. М.:ИКЦ Академкнига, 2003. 431с.
2. Биометрия / Н.В. Глотов [и др.] Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 263 с.
3. Видякин А.И. Индексная оценка признаков популяционной структуры сосны обыкновенной // Лесоведение. 1991. № 1. С. 57–62.
4. Видякин А.И. Изменчивость формы шишек в популяциях сосны обыкновенной на востоке европейской части СССР // Лесоведение. 1991. № 3. С.45–52.
5. Видякин А.И. Изменчивость формы апофизов шишек в популяциях сосны обыкновенной на востоке европейской части России // Экология. 1995. № 5. С. 356–362.
6. Видякин А.И. Изучение популяционной структуры сосны обыкновенной на основе индексной оценки признаков генеративных органов // Методы популяционной биологии: материалы VII Всерос. популяц. семинара. Сыктывкар 2004. Ч. 1. С. 35–37.
7. Видякин А.И. Фенетика, популяционная структура и сохранение генетического фонда сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Хвойные бореальной зоны. 2007. Вып. 24, № 2–3. С.159–166.
8. Видякин А.И. Изменчивость формы семян в популяциях сосны обыкновенной на востоке Русской равнины // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 11. С. 9–12.
9. Видякин А.И. Феногеография сосны обыкновенной на северо-востоке Русской равнины // Генетическая типология, динамика и география лесов России: докл. Всерос. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Б.К. Колесникова. Екатеринбург, 2009. С. 194–198.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
11. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Наука, 1990. 352 с.
13. Санников С.Н., Петрова И.В. Дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 248 с.
14. Санников С.Н., Санникова Н.С. Гипотеза гидрохорного расселения популяций хвойных древесных растений // Экология, 2007. № 2. С. 83–87.
15. Санников С.Н., Санникова Н.С. Эскиз теории гидрохории некоторых видов хвойных // Докл. АН. 2007. Т. 418, № 2. С. 1–3.
16. Санникова Н.С., Санников С.Н. Гидрохория как фактор генетической интеграции и дифференциации популяций хвойных древесных растений // Хвойные бореальной зоны. 2007. Вып. 24, № 2-3. С. 297–302.
17. Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Очерк учения о популяции. М.: Наука, 1973. 278 с.
18. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации: утв. Федер. службой лесн. хоз-ва России 11.01.2000. М., 2000. 197 с.
19. Феногеография популяций сосны обыкновенной на Урале / Филиппова Т.В. [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 123 с.
20. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.:Наука, 1980. 277 с.
21. Экспериментальное изучение плавательной способности семян хвойных / Егоров Е.В. [и др.] // Генетика, экология и география дендропопуляций и ценоэкосистем. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 33–37.
22. Экспериментальное изучение гидрохории семян *Pinus sylvestris* L. по течению реки / Санников С.Н. [и др.] // Там же. С. 38–42.

Поступила 25.04.11

*A.I. Vidyakin<sup>1</sup>, S.N. Sannikov<sup>2</sup>, I.V. Petrova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural division, Russian Academy of Science

<sup>2</sup>Botanical Garden, Ural division, Russian Academy of Science

### **Morphological Variability of Common Pine Populations in the Basins of the Yug and Northern Dvina Rivers**

Phenotypic indices variability of the common pine cones in the basins of the Yug and Northern Dvina rivers and also on the adjacent watersheds has been studied. It has been established that class frequencies of cones indices inside the boundaries of the basins are homogenous but statistically they considerably differ from the analogous series of distribution on the watersheds.

*Keywords:* common pine, phenotypic index, geographic variability.

---

---

УДК 630\*811.1: 58.08

**П.П. Силкин, Н.В. Екимова**

Сибирский федеральный университет

Силкин Павел Павлович родился в 1969 г., окончил в 1994 г. Красноярский государственный университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры биотехнологии, заведующий лабораторией функционирования лесных экосистем Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета. Имеет около 50 печатных работ в области биофизики, дендрологии, дендрэкологии. e-mail: ppsilk@forest.akadem.ru; ppsilk@rambler.ru



Екимова Наталья Викторовна родилась в 1972 г., окончила в 1996 г. Иркутский государственный университет, докторант Сибирского федерального университета. Имеет около 40 печатных работ в области эволюционной биологии, дендрологии, дендрэкологии, популяционной генетики, биологии и стратегии выживания видов, сопряженной эволюции, экологического мониторинга, интродукции и реинтродукции, ландшафтного дизайна, сохранения биологического разнообразия Сибири. e-mail: ekimova\_n@mail.ru



## ИЗМЕРЕНИЕ КЛЕТОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ХВОЙНЫХ\*

Рассмотрена система анализа изображений. Разработанные методы и программное обеспечение адаптированы для массовых измерений с последующей обработкой гистометрических параметров клеточной структуры годичных колец хвойных в разных режимах работы.

*Ключевые слова:* клеточные параметры, программное обеспечение, структура годичных колец, система анализа изображений.

Годичные кольца хвойных более чем на 90 % состоят из трахеид, несущих разную функциональную нагрузку в зависимости от зоны годичного кольца [4]. Тем не менее ряд трахеид является производной одной и той же инициальной клетки боковой меристемы, которая, согласно современным представлениям [2], является мишенью воздействия физических факторов окружающей среды. Это превращает ряд трахеид в набор ячеек памяти, содержащий информацию о климатических и экологических характеристиках вегетационного периода, которая развернута в пространстве годичного кольца, а следовательно, и во времени. Базис изучения клеточной структуры годичных колец хвойных для решения задач климатологии и экологии был заложен во второй половине прошлого столетия работами И.А. Терского, Е.А. Ваганова и их коллег [1, 3], показавших перспективность данного направления. Развитие технологий того времени накладывало отпечаток на аппаратное обеспечение клеточных измерений, которое создавалось как комбинация оптико-механических устройств, объединяя в себе оптический микроскоп отраженного света и моторизованный предметный столик, который с постоянной скоростью перемещал в поле зрения оператора образец древесины. Современное развитие цифровых ПЗС камер высокого разрешения, световой микроскопии и компьютерных технологий позволило подойти к исследованию структуры годичных колец древесных растений с новых позиций. В нашей работе рассматривается аппаратно-программный комплекс по измерению клеточных параметров, созданный автором и прошедший

\* Работа поддержана грантом РФФИ 08-04-00296 и Аналитической ведомственной целевой программой «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)». «История климата голоцена Евразии по дендроклиматическим данным», № 2.1.1/6131.

апробацию в течение последних 7 лет в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН и затем в Лаборатории функционирования лесных экосистем Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета.

*Методы и материалы.* Разработанная система анализа изображений (САИ) для измерения клеточных параметров годичных колец хвойных базируется на любом стандартном световом микроскопе проходящего света, оснащенного цифровой видеокамерой реального времени, которая может быть как черно-белой, так и цветной. Обязательным условием должно быть наличие стандартного программного обеспечения, позволяющего изображение с видеокамеры записывать на жесткий диск компьютера. Как правило, данная программа поставляется в комплекте с видеокамерой. Программный комплекс работает с любым микроскопом в описанной выше конфигурации, что делает его независимым от аппаратного обеспечения лаборатории, позволяя с минимальными финансовыми затратами организовать массовые измерения клеточных структур. Данный комплекс прошел апробацию на двух типах световых микроскопов фирмы «Карл Цейс» (Германия): Axioskop-20 с программой KS 300 и AxioImager.D1 с программой AxioVision-6. Это микроскопы разных поколений и разных возможностей [7]. Программный комплекс состоит из трех основных компьютерных программ, последовательно используемых оператором. Это программы SuperMoment2, Lineyka и ProcessorKR, написанные на языке компьютерного программирования Delphi фирмы «Борланд».

Рассмотрим процедуру измерения и программный комплекс более подробно. Для того чтобы было легко проводить измерения клеточных структур, необходимо получать как можно более контрастные, четкие изображения годичных колец, без посторонних деталей. Идеальный вариант соответствовал бы ситуации, когда люмен представлен абсолютно белым изображением, а клеточная стенка – абсолютно черным. Для увеличения контрастности обычно используются световые фильтры. К сожалению, этого явно недостаточно. Для превращения изображения годичного кольца в монохромное обычно выполняют его спектральную обработку на компьютере. Реально такой подход осуществим только для идеально сделанных изображений годичных колец, а значит, не приемлем для измерений больших массивов клеток. Например, даже маленькую тень у клеточной стенки программа превратит в элемент, что приведет к существенным погрешностям измерения ее толщины.

Необходимое качество изображения достигается двумя способами повышения его контрастности. Это окрашивание микротомных препаратов годичных колец с последующим использованием цветных светофильтров на микроскопе и увеличение светового потока от конденсора до такой величины, при которой он, проходя через люмен, превышает верхний рабочий порог ПЗС-матрицы видеокамеры, что приводит к их «ослеплению». При этом люмен выглядит равномерно-белым, без лишних деталей. В результате отпадает надобность в спектральной обработке изображения, оно имеет высокое качество и по виду приближается к монохромному. Реальное применение подобной методики показало ее высокую эффективность в работе (рис. 1).

Программа SuperMoment2 предназначена для формирования в автоматическом режиме изображений отдельных участков годичного кольца в одно общее, что в большинстве случаев невозможно сделать с приемлемым разрешением. SuperMoment2 работает в паре со стандартным программным обеспечением видеокамеры, с помощью которой оператор создает цепочку файлов с изображением

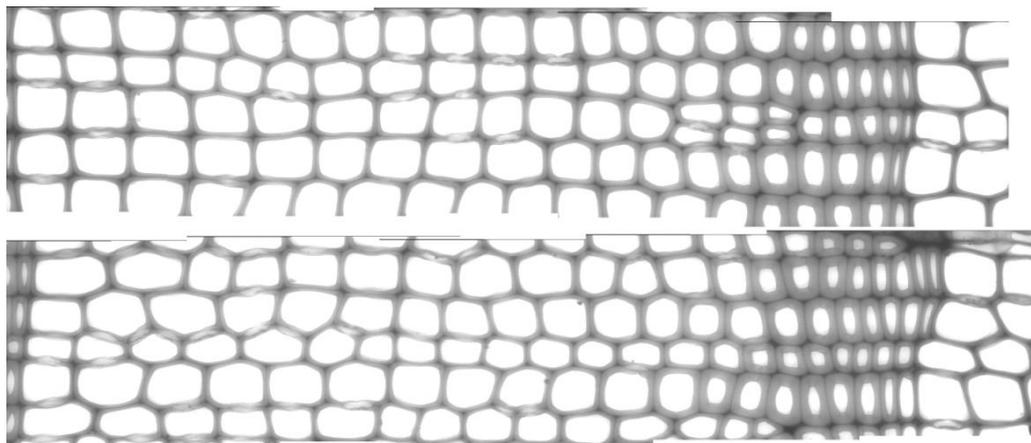


Рис. 1. Изображение годичного кольца сосны (*Pinus sylvestris* L.), сформированное из отдельных кадров в автоматическом режиме программой SuperMoment2

участков годичного кольца на жестком диске компьютера. Программа в автоматическом режиме считывает изображения с диска, определяет их смещения друг относительно друга по двум взаимно ортогональным осям и сохраняет изображения в виде одного файла с учетом их взаимного расположения. В зависимости от разрешающей способности видеокамеры и применяемого объектива одной линии фотографирования годичного кольца бывает недостаточно, и вся процедура повторяется для другой группы рядов клеток того же годичного кольца. Программа SuperMoment2 имеет удобный графический интерфейс, возможность ручного редактирования и позволяет оператору быстро фотографировать годичные кольца. Процесс анализа изображений и их склеивание занимают менее секунды для нескольких десятков кадров. Точность склеивания кадров фактически абсолютна для подавляющего числа годичных колец. На рис. 1 показан пример сформированного изображения годичного кольца программой SuperMoment2 с разрешением 0,26 мкм на точку изображения (объектив  $\times 40$ ).

Программа Lineyka предназначена для измерения клеточных структур и может работать с любым стандартным графическим файлом, содержащим изображение годичного кольца. Основными измеряемыми параметрами являются радиальный размер люмена и двойная толщина клеточной стенки. В ручном режиме можно определять радиальные и тангентальные размеры клеток. Для фиксирования размеров точки изображения по осям XY служит процедура калибровки. В этих целях используется изображение шкалы объект-микрометра в горизонтальном и вертикальном положениях. В процессе калибровки устанавливается количество точек между минимальными делениями шкалы с расстоянием 10 мкм. Проводится многократное измерение различных участков калибровочной шкалы. Отношение измеряемого расстояния (10 мкм) к среднему количеству точек определяет размеры точки изображения. Калибровка выполняется отдельно для горизонтальной и вертикальной осей. Lineyka имеет два режима измерения – ручной и полуавтоматический. Их можно чередовать в любой последовательности. В ручном режиме оператор курсором компьютерной мыши задает концы отрезка, длину которого необходимо измерить. Программа запоминает эти координаты. Системой координат является сам прямоугольный рисунок. Ось X – верхняя горизонтальная, Y – левая вертикальная стороны рисунка. Начало координат лежит в левом верхнем углу рисунка. Расстояние между указанными точками рассчитывается по формуле:

$$r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 C_x^2 + (y_2 - y_1)^2 C_y^2},$$

где  $x_1, y_1$  и  $x_2, y_2$  – координаты концов отрезка (число точек);

$C_x, C_y$  – размер точки изображения по осям  $X$  и  $Y$ .

Ручной режим измерения является вспомогательным и применяется в тех случаях, когда невозможно использовать полуавтоматический режим, например в случае некачественного изображения годичного кольца.

В полуавтоматическом режиме оператор с помощью курсора мыши проводит линию трассировки через группу клеток. Она задает точки, по которым будут проводиться измерения. Затем оператор включает процедуру построения профиля «яркости» точек вдоль этой линии. В результате получается профиль, изображенный на рис. 2. Он показывает скорее уровень «серости» точек, так как высокие значения профиля соответствуют более темным участкам. В результате пикам профиля соответствуют клеточные стенки, а толщине пика – толщина клеточной стенки. Далее оператор по профилю яркости задает линию, показывающую критический уровень яркости. Точки профиля, лежащие ниже этой линии, программа будет относить к люмену, выше – к клеточной стенке. После включения процедуры измерения программа вычисляет размеры люменов и толщину клеточных стенок, отображает их на самом рисунке в виде линий разного цвета. Например, размеры люмена программа показала линиями синего цвета, а толщину клеточной стенки – красного, что позволяет оператору судить о качестве измерения, а в случае ошибки подобрать другой критический уровень яркости и повторно провести измерения. Работа производится достаточно быстро и гораздо менее утомительна в отличие от полностью ручного режима. Наибольшую эффективность полуавтоматический режим показал для образцов сосны, годичные кольца которой содержат большие массивы клеток ранней древесины.

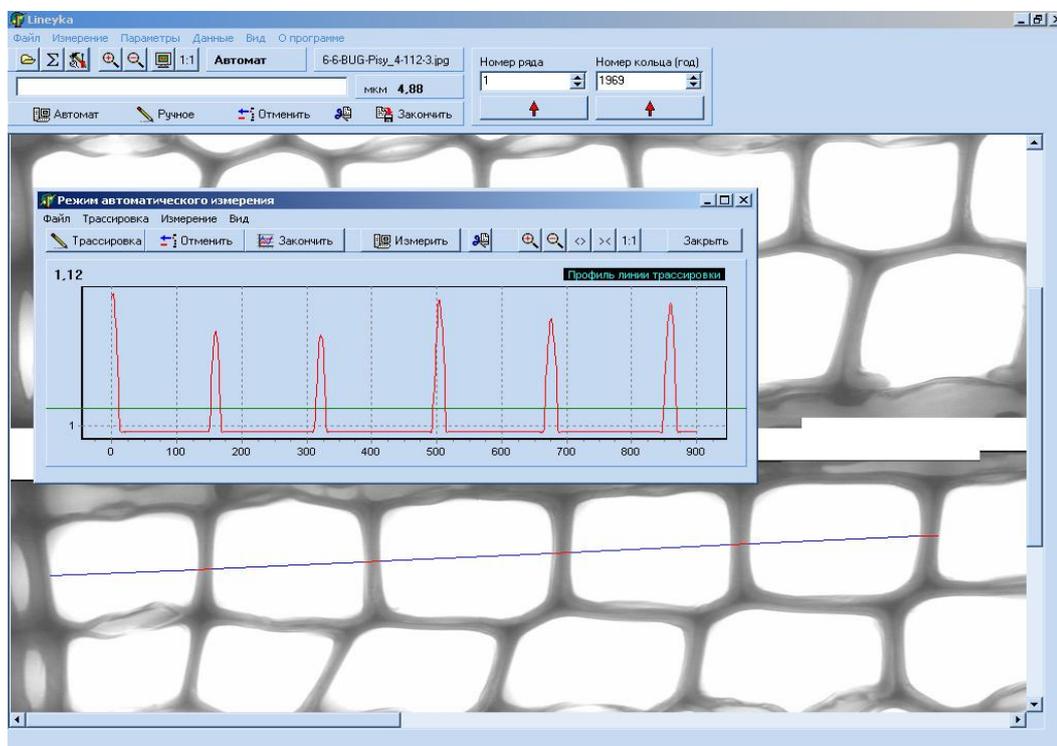


Рис. 2. Пример работы программы Lineyka в режиме полуавтоматического измерения люмена и толщины двойной клеточной стенки

Программа ProcessorKR создана для обработки измеренных клеточных параметров. Она рассчитывает хронологию ширины годичного кольца (ШГК) и позволяет в графическом виде проводить датировку массивов клеточных данных, используя мастерскую хронологию ШГК этого же образца, но построенную с помощью специализированного измерителя ширины колец. Данный подход позволяет исключить пропуск или двойное случайное измерение клеточной структуры годичного кольца, что неоднократно подтверждалось на практике. Программа ProcessorKR содержит модули процедуры стандартизации клеточных данных [3], коррекции пересчета размеров двойных клеточных стенок в одинарные для трахеид переходной зоны годичных колец [5], модули построения хронологий клеточных размеров разных видов [6].

В заключение следует отметить, что созданный программный комплекс для измерения клеточных параметров годичных колец хвойных обладает высокой адаптационной способностью как к аппаратному обеспечению, так и к виду и качеству образцов древесных растений. Наличие автоматических и полуавтоматических режимов работы позволяет оператору измерять большие массивы клеток в приемлемые сроки. Высокая эффективность разработанного комплекса, показанная на практике, базируется не только на использовании современных электронно-оптических систем и компьютерного оборудования, но и на взвешенном использовании автоматических режимов с учетом граничных условий их применения. Например, в установках программы SuperMoment2 определяется, что фотографирование годичного кольца должно происходить от ранней древесины к поздней. Оператором задаются границы пересечения соседних кадров, что позволяет сразу упростить алгоритм автоматического расчета смещения кадров относительно друг друга. В отличие от стандартного программного обеспечения автоматического панорамирования изображений зарубежных фирм результатом данного подхода явилась высокая точность совмещения кадров и скорость их обработки. Другим примером может служить возможность смешанного использования ручного и полуавтоматического режимов измерения клеточных структур одного ряда клеток, что позволяет легко адаптировать процесс к зоне годичного кольца и качеству его изображения, максимально увеличивая тем самым общую скорость измерения образцов. Система анализа изображений разработана для решения задач дендрохронологии, дендроклиматологии, дендроэкологии, а также оценки качества древесины и мониторинга состояния лесных экосистем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваганов Е.А., Терсков И.А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 93 с.
2. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годичных колец хвойных Новосибирск: Наука, 2000. 214 с.
3. Гистометрический анализ роста древесных растений / Е.А. Ваганов [и др.] Новосибирск: Наука, 1985. 104 с.
4. Раздорский В.Ф. Анатомия растений М.: Сов. наука, 1949. 524 с.
5. Коррекция измерений толщины клеточной стенки в переходной зоне годичных колец лиственницы / П.П. Силкин [и др.] // Вестн. КГУ. 2005. №5. С. 85–88.
6. Силкин П.П. Многопараметрический анализ структуры годичных колец в дендроэкологических исследованиях: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: Красноярск: ИПК СФУ, 2009. 34 с.
7. [www.zeiss.com](http://www.zeiss.com)

Поступила 07.12.09

*P.P. Silkin, N.V. Yekimova*  
Siberian Federal University

### **Measurements of Cell Parameters of Coniferae Annular Rings**

The authors have investigated the image analysis system. The developed methods and software adapted for mass measurements with subsequent processing of Coniferae annular rings cellular structure histometric parameters for different modes of work.

*Keywords:* cell parameters, software, annular rings structure, image analysis system.

---

---

УДК 630\* 234

**В.Т. Яборов**

Институт леса Дальневосточного государственного аграрного университета

Яборов Виктор Тимофеевич родился в 1937 г., окончил в 1965 г. Приморский сельскохозяйственный институт, доцент Института леса Дальневосточного государственного аграрного университета, заслуженный лесовод РФ. Имеет ряд печатных работ по лесным специальностям.  
Тел.: 8(4162)53-45-03



## САМОЗАРАСТАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТВАЛОВ УРУША-ОЛЬДОЙСКОГО ЗОЛОТОРОССЫПНОГО УЗЛА В ПРИАМУРЬЕ

Дана оценка процесса восстановления растительности на нарушенных территориях и в местах россыпной золотодобычи. Исследована особенность и интенсивность естественного зарастания техногенных отвалов на рекультивированных и нереккультивированных полигонах.

*Ключевые слова:* Приамурье, россыпная золотодобыча, лесовосстановление, рекультивация.

Территория исследований расположена в северо-западной части Приамурья, в зоне бореальной подзоны южной тайги, на высоте более 800 м над уровнем моря. Склоны гор покрыты лиственничниками и производными белоберезниками (*Betula platyphylla* Sukacz.). Редко встречаются сосняки, по поймам рек произрастают тополево-чозениевые леса. В их составе участвуют *Populus suaveolens* Fisch., *Chosenia arburifolia* (Pall.), *Picea ajanensis* (Lind. et Gord) Fisch. ex Carr, *Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.

На значительной площади распространены многомерзлотные почвы в виде локальных массивов с глубиной промерзания 50...150 м, занимающие заболоченные долины впадин по р. Уруша, Урка, Омутная, Ольдой и др.

Разработка россыпных месторождений золота производится по долинам рек и ручьев, в результате которой образуются техногенные ландшафты с аккумулятивными формами рельефа: вскрышные, дражные и гидравлические отвалы, дамбы, отстойники. После отработки месторождений золота лесные земли представляют собой трудно восстанавливаемые пустыри.

Безлесные земли Уруша-Ольдойского узла, т.е. по биоклиматическим условиям, необходимым для произрастания лесной растительности, относятся к потенциально (ограниченно) лесопригодным на 60...78 % их площади. Нелесопригодны около 8 % площади: пустыри, галечниково-щебенчатые отложения, техногенные болота и горные разработки. Эти земли не обеспечены биоклиматическим минимумом для произрастания леса. Нелесопригодные земли на 50...85 % площади сильно или полностью трансформированы. Они располагаются в основном в местах непосредственной разработки золотодобычи по долинам притоков основного водотока, подвергшихся часто вторичной и третичной промывке золотороссыпного песка (ручьи Пионер и Березитовый).

Естественное возобновление под пологом леса и на большей части не покрытых лесом земель протекает успешно. На вырубках, гарях и пустырях при наличии обсеменителей оно удовлетворительное, за 5...6 лет образуются молодняки из хвойных и лиственных пород более чем на 90 % их площади. В естественных редилах, расположенных на мерзлотных переувлажненных почвах, лесовозобновление неудовлетворительное.

Наиболее сильное влияние на лесообразовательный процесс оказывает разработка месторождений золота, при которой основная техногенная нагрузка приходится на долинные ландшафты (экотопы) по водотокам. Естественное восстановление растительного покрова при техногенном воздействии зависит в основном от степени нарушенности биогеоценозов, часто обуславливает либо полное исчезновение коренных лесов, либо их вторичное производное развитие со сменой лесообразующих пород.

По результатам наших обследований мест золотодобычи были выделены три качественные оценки естественного возобновления (по шкале В.Г. Нестерова, 1954) на основных техногенных формах рельефа (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристика возобновления на нарушенных землях россыпной золотодобычи**

Река, ручей	Состав пород, расстояние участка до стены леса, м	Возраст отработки участка, лет	Густота подроста тыс. шт./га, по категориям крупности				Древесно-кустарниковый покров: густота, состав	Травяно-моховой покров: густота, виды	Рельеф, почва
			Мелкий	Средний	Крупный	Итого			
Руч. Роговский	6Л1С3Б + Чз, 35...75	6...10	0,94	7,00	3,56	11,5	Густой, ива	Редкий, иван-чай, осока, мох	Склоны, ложе ключа, супесчаная
Р.М. Кенгурак	6Л2Б1Т 1 Чз+Ос, 40...95	5	2,69	1,90	3,31	7,9	Средней густоты, ива, ольха	Средней густоты, иван-чай, осока, полынь	Склоны до 10° вершины отвалов, крупно-каменистая
Руч. Читкан	6Б62Л2Ос, 400...500	10	–	0,35	1,05	1,4	Средней густоты, таволга, ива, береза	Густой, вейник, иван-чай, кровохлебка, крапива	Отвалы по днищу русла, галечная
Руч. Улягир	5Л4Т1Б, 150...300	2...5	2,28	0,10	0,02	2,4	Средней густоты, таволга, ива, смородинка	Редкий, осока, полынь, вейник, хвощ, мох	Ложе ключа, заболочен, песчано-гравийная
Руч. Гальновский	5Б61Л1Ос, ед. Чз, 350...450	2...7	0,68	0,33	0,10	1,1	Редкий, ива, таволга	Редкий, осока, вейник, полынь, мох пятнами	Склоны до 15%, ложе ручья, каменисто-песчаная
Руч. Пионер	2С1Л5Т 1Б61Чз, ед. Ос, 25...55	12	3,30	2,10	1,20	6,6	Средней густоты, ива, таволга	Редкий, осока, вейник, полынь, мох пятнами	Выровненные отвалы, ложе ручья
Руч. Медвежий	3Б3Т1Л3С, 40...85	7	0,10	3,90	9,10	13,1	Редко, ива	Редко, иван-чай, хвощ	Рекультивированные перемытые пески

*Хорошее возобновление* отмечено (р. М. Кенгурак и Б. Кенгурак):

1) на участках каменисто-песчаных (гале-эфельных) отвалов и покатых склонах вдоль бортов долин, сложенных перемещенными торфами вскрыши и удаленных от стен леса на 35...90 м. Лучшие лесорастительные условия здесь создаются за счет обогащения до 30 % физической глины в составе мелкозема и до 3 % гумуса. Лесообразователями являются: *Populus suaveolens*, *Chosenia arbutifolia*, *Larix gmelinii*, *Pinus sylvestris*, *Betula platyphylla*. Общее количество подроста, учтенное на обследованных участках, составило от 7,9 до 11,5 тыс. шт./га;

2) в пониженных местах полигонов с наносным слоем наилка содержится 85 % мелкозема, в составе 4 % глины, 2 % ила. Заращение поверхности происходит по болотному типу, проектное покрытие до 50 % площади. Лесная растительность формируется лишь на осушенных местах, ложбины с избытком влаги, обычно обильно зарастают ивой (*Salix schwerinii* E. Wolf, *S. rorida* Laksch.), густота до 5,0 тыс. шт./га.

*Удовлетворительное возобновление* наблюдается по вершинам и склонам гале-эфельных отвалов, сложенных перебитыми песками (руч. Колбачи и Пионер), расположенных в 150...300 м от кромки леса. Массовое появление семян древесно-кустарниковых растений в первые 3 года после образования отвалов. В последующие 4...5 лет значительное количество семян погибает, рост сохранившихся растений замедляется. Лесная растительность здесь характерна для горных лиственнично-багульниковых типов леса.

*Неудовлетворительное возобновление* отмечается на галечных и крупноглыбовых отвалах без заполнителя из мелкозема, удаленных от границ насаждений на 350...500 м (р. Читкан и Улягир, руч. Гальновский). В составе древесных пород береза плосколистная (60 %), тополь и осина (30 %), лиственница Гмелина в количестве 1,1...2,1 тыс. шт./га.

Пионерная растительность на нарушенных землях формируется из ближайших видов ценозов и появляется через 1-2 года на участках, удаленных от стен леса на 25...95 м. Основная часть их относится к травянистым однолетним растениям – *Chamaenriom angustifolium* (L.) Scop., *Calamagrostis langsdorffii* (Link.) Trin., *Carex* sp., *Artemisia tanacetifolia* и др.

Из кустарниковых пород первыми появляются: *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Puuzar, *Sorbus sambucifolia* Cham, и др. Из древесных пород пионерами возобновления являются *Betula platyphylla*, *Populus suaveolens*, *Chosenia arbutifolia*, *Larix gmelinii* и редко *Pinus sylvestris*, *Picea obovata* Ledeb. При полном нарушении коренных ландшафтов на значительной территории возобновление растительности идет по азональному типу и развитию лиственной древесно-кустарниковой растительности.

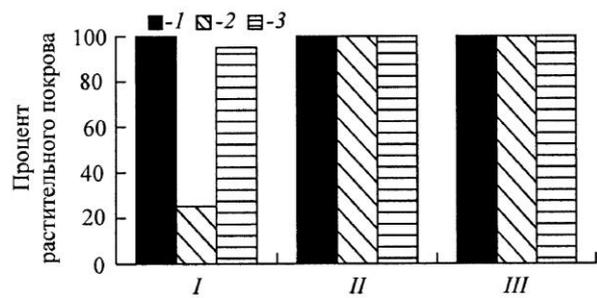
Исследование видовой разнообразия на нарушенных площадях показало, что в целом количество древесных видов снизилось на 14...80 %, кустарников и кустарничков – не более 25 % по сравнению с ненарушенными фоновыми участками (табл. 2). На рекультивированных отвалах уже через 4...7 лет общее количество видов составляет 25 % от фоновых участков, и интенсивность самозаращения на них намного выше.

Количество древесных видов на отдельных каменисто-песчаных отвалах в среднем возрастает за счет замещения хвойных пород лиственными (в основном ивовыми). В целом на обследованных площадях количество древесных видов снизилось на 14...80 % по сравнению с ненарушенными участками. В возобновлении кустарниковых и кустарничковых видов преобладают *Ribes triste* Pall., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., *Rosa acicularis* Lindl., *Ledum palustre* L. На рекультивированных отвалах, сложенных перемещенными торфами, кустарниковые виды представлены на всех обследованных площадях (см. рисунок). Богатство видов травянистых ценозов после золотодобычи существенно снижается от 50 до 87 % (руч. Роговский).

Таблица 2  
 Видовое разнообразие на фоновых (числитель) и нарушенных золотодобычей (знаменатель) участках

Годы отработки россыпи	Возраст самозарастания, лет	Река, ручей	№ пробной площади	Число видов растений			Изменение видового разнообразия на нарушенных участках, % к фоновым				
				среднее	древесных	кустарниковых	травянистых	Общее количество	Древесных	Кустарниковых	Травянистых
1995	5	Р.Б. Кенгурак,	2	30	7	8	15	40	86	0	40
		Руч. Путанный		12	6	0	6	24	71	0	13
1990–1994	6...10	Р.М. Кенгурак	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1991–1992	7...8	Руч. Роговский	1	7	0	2	6	64	166	20	50
		Руч. Березитовый	12	14	5	3	5	31	20	0	44
1990	10	Руч. Орогжан	15	9	1	3	6	43	350	0	27
		Руч. Читкан	10	29	6	18	32	40	40	0	32
1936–1940	59	—	3	9	0	8	26	69	200	0	83
		Руч. Эскаваторный	14	23	7	11	43	350	0	27	
1985–1993	7...15	Р.Уруша	13	10	0	3	32	40	40	0	27
		Руч. Пионер	16	38	6	22	32	40	40	0	27
1993–1998	2...7	—	6	12	0	8	26	69	200	0	83
1988	4...7	Руч. Гальновский	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Руч. Медвежий, рекультивация	8	10	0	6	69	200	0	83	
1995–1998	2...5	—	7	11	0	5	60	50	10	90	
		Руч. Улягир	11	43	10	21	60	50	10	90	
			4	26	1	19	60	50	10	90	

Распределение растительного покрова на техногенных формах отвалов: *I* – гале-эфельных; *II* – рекультивированных; *III* – перемещенных торфах; 1 – древесная; 2 – кустарниковая; 3 – травянистая растительность



Более благоприятные для лесовозобновления условия складываются при горной рекультивации с разравниванием каменисто-песчаных (гале-эфельных) отвалов. Горная рекультивация должна стать составной частью технологического процесса при отработке россыпных месторождений. Общей закономерностью для всех обследованных участков является то, что естественное возобновление в конечном итоге идет по зональному типу.

При этом можно выделить следующие факторы, влияющие на самозарастание нарушенных земель:

- 1) физико-географические условия, обусловленные горным рельефом и расположением территорий золотодобычи в долинно-пойменных ландшафтах;
- 2) степень нарушенности ландшафтов (чрезвычайная, сильная, существенная, слабая) согласно методике Шлотгауэра, Мирзеханова (1990, 1991);
- 3) технология отработки россыпи (ручная, гидравлическая, дражная);
- 4) возраст отработки россыпей, влияющий на формирование полигонов разработки россыпных месторождений и интенсивность самозарастания;
- 5) сформировавшиеся эдафические условия местообитания, определяемые проведением горных работ с образованием техногенных отвалов;
- 6) гранулометрический состав почвогрунтов, зависящий от долевого участия суглинистого мелкозема и гумуса;
- 7) уровень грунтовых вод и условия формирования русла водотока;
- 8) изменение микро- и мезоклиматических условий, влияющих на лесообразовательный процесс;
- 9) экспозиция и крутизна склонов (на северных и северо-западных склонах и вершинах снежный покров сдувается господствующими ветрами, в результате происходит вымерзание саженцев; южные склоны более благоприятны зимой, но страдают летом от иссушения);
- 10) наличие многолетнемерзлых пород, приуроченных к заболоченным участкам, является причиной образования мерзлотной прпослойки на глубине 2...3 м, что может вызывать гибель сеянцев первых лет жизни;
- 11) удаленность техногенных отвалов от обсеменителей, лесных насаждений, прилегающих к полигонам.

Таким образом, россыпная золотодобыча относится к типу катастрофического воздействия на прибрежные биогеоценозы. При этом почвенно-растительный покров полностью уничтожается в местах непосредственной золотодобычи.

Естественное восстановление леса протекает очень медленно в течение нескольких десятков лет. Началом лесообразовательного процесса можно считать самозарастание техногенных отвалов древесно-кустарниковой либо травянистой растительностью. Восстановление фитоценозов на чрезвычайно нарушенных землях

(85...100 %) идет в основном со сменой хвойных пород на лиственные. В целом восстановление растительного покрова на техногенных отвалах идет по лесному типу на пологих отвалах, сложенных перемещенными торфами и перемытыми песками, и по болотному типу на пониженных увлажненных участках.

Поступила 13.04.07

***V.T. Yaborov***

Institute of Wood of Far East State Agrarian University

**Selfovergrowing of Technogenic Dumps of the Urusha-Oldoiski Gold-Mining Territory in the Priamurie (Russian Far East)**

The assessment of vegetation restoration processes on abandoned goldmining territories is given in this article. The features and intensiveness of natural overgrowing of vegetation at technogenic dumps in recultivated and non-recultivated lands are investigated.

*Keywords:* Priamurie, goldmining, forest restoration, recultivation.

---

---



УДК 630\*377

**А.С. Войнаш, С.А. Войнаш**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Войнаш Александр Станиславович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова, доцент кафедры наземных транспортных систем Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Имеет около 40 печатных работ в области совершенствования техники лесозаготовок.  
E-mail: aleksstok@yandex.ru



Войнаш Сергей Александрович родился в 1985 г., окончил в 2010 г. Рубцовский индустриальный институт, аспирант кафедры наземных транспортных систем Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Имеет 5 печатных работ в области совершенствования техники лесозаготовок.  
E-mail: sergey\_voi@mail.ru



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЙСОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОХОДИМОСТЬ ГУСЕНИЧНОГО СОРТИМЕНТОВОЗА

Рассчитано давление на грунт под опорными катками сортиментовоза в зависимости от рейсовой нагрузки; сформулированы рекомендации по оптимизации эпюры давлений на грунт.

*Ключевые слова:* сортиментовоз, проходимость, рейсовая нагрузка, давление под опорными катками.

Характерная особенность эксплуатации гусеничных сортиментовозов – работа на лесной целине, в связи с чем достаточно актуальными являются вопросы их проходимости.

В качестве одного из оценочных показателей проходимости лесозаготовительных машин широко применяется распределение удельных давлений на грунт под ходовым аппаратом: чем равномернее распределено удельное давление по длине гусеницы, тем выше, при прочих равных условиях, проходимость.

Цель работы – теоретическое исследование эпюры давлений на грунт перспективной лесозаготовительной машины – гусеничного сортиментовоза тягового класса 4.

Расчеты давлений на грунт под опорными катками лесозаготовительных машин базируются на методе, разработанном профессором С.Ф. Орловым [1]:

1. На общей схеме рассматриваемой машины выделяется корпус и точки его взаимодействия с элементами ходовой системы: оси ведущих и направляющих колес, оси качания кареток.

2. На схему наносятся силы и моменты, действующие на корпус машины: силы тяжести узлов оборудования, технологические силы, реакции от ходовой системы.

3. Составляется уравнение моментов всех сил относительно одной из точек взаимодействия корпуса с ходовой системой (обычно в качестве такой точки принимается ось качания задней каретки), из которого определяются реакции, перпендикулярные плоскости движения и воспринимаемые корпусом. Эти реакции численно равны давлению на узел ходовой системы.

4. Общее давление на грунт определяется суммированием нагрузок от корпуса и ходовой системы. При этом учитываются вертикальные составляющие натяжений в наклонных ветвях гусениц.

При проведении расчетов принимаются следующие допущения:

машина движется равномерно и прямолинейно передним ходом по ровной горизонтальной поверхности;

поперечное смещение центра масс машины ввиду малости численного значения не учитывается;

все силы и моменты действуют в одной плоскости;

моменты сопротивления от сил трения в подшипниках направляющих и ведущих колес не учитываются ввиду их незначительности;

верхний участок гусеничного обвода расположен горизонтально и сила  $P_0$  натяжения свободной ветви действует горизонтально;

силы сопротивления качению опорных катков по беговым дорожкам гусениц не учитываются.

В качестве исходных принимаются следующие данные: эксплуатационный вес  $G_3$  и продольная координата центра тяжести; природно-производственные условия эксплуатации (рейсовая нагрузка (вес транспортируемого пакета сортиментов)  $Q$ ; грунтовые условия).

Метод профессора С.Ф. Орлова доработан авторами с учетом компоновочных и эксплуатационных особенностей исследуемого гусеничного сортиментовоза.

Алгоритм расчета давлений на грунт включает в себя в качестве первого этапа определение технологических нагрузок и точек их приложения. Для сортиментовоза при равномерном движении по горизонтальной поверхности волока технологической нагрузкой является вес перевозимого пакета сортиментов.

Координата  $X_Q$  точки приложения технологической нагрузки определяется с учетом конструктивных особенностей сортиментовоза по его компоновке.

Касательная сила тяги сортиментовоза при равномерном движении по горизонтальному участку определяется по формуле

$$P_k = f_r (G_3 + Q), \quad (1)$$

где  $f_r$  – коэффициент сопротивления качению.

Из условия равновесия сил, приложенных к подрессоренной части (корпусу) сортиментовоза при установившемся прямолинейном движении, определяются нагрузки на оси передней и задней кареток (рис. 1):

$$Z_1 = \{ G_n (X_n - S_2) + Q(X_Q - S_2) + P_0(S_1 + l) \sin \alpha - \\ - h_1(1 + \cos \alpha) + h_2 \} - P_k l / l; \quad (2)$$

$$Z_2 = G_n + Q + P_0 \sin \alpha + P_k \sin \beta - Z_1, \quad (3)$$

где  $G_n$  – вес подрессоренной части машины;

$P_0$  – предварительное натяжение гусеничной цепи;

$P_k$  – касательная сила тяги.

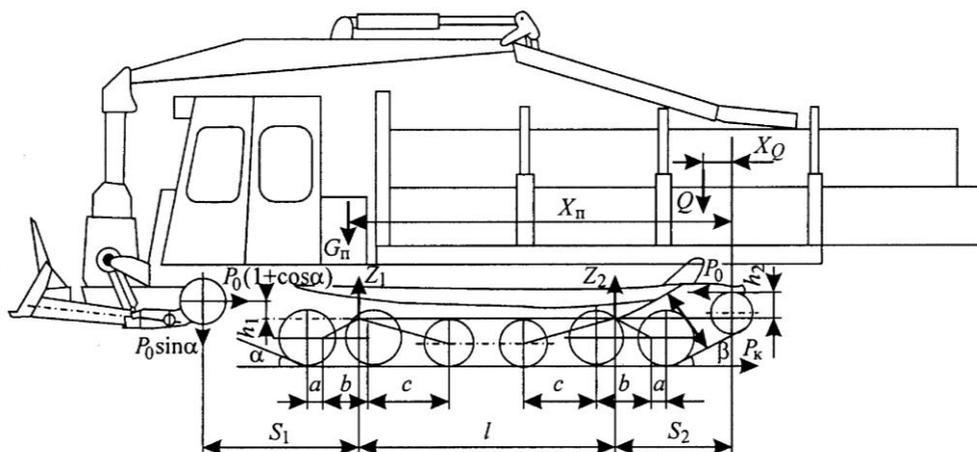


Рис. 1. Схема к расчету давлений под опорными катками

Линейные и угловые размеры указаны на рис. 1.

Нагрузки  $N$ , действующие на оси опорных катков от поддрессоренной части сортиментовоза и давления на грунт  $P_{гр}$  под его опорными катками, определяют по следующим формулам:

$$N_3 = Z_1 a / (b + c - a); \quad (4)$$

$$N_1 = (Z_1 - N_3) b / (a + b); \quad (5)$$

$$N_2 = Z_1 - N_1 - N_3; \quad (6)$$

$$N_4 = Z_2 a / (b + c - a); \quad (7)$$

$$N_6 = (Z_2 - N_4) b / (a + b); \quad (8)$$

$$N_5 = Z_2 - N_4 - N_6; \quad (9)$$

$$P_{гр1} = N_1 + Q_0 - P_0 \sin \alpha; \quad (10)$$

$$P_{гр2} = N_2 + Q_0; \quad (11)$$

$$P_{гр3} = N_3 + Q_0; \quad (12)$$

$$P_{гр4} = N_4 + Q_0; \quad (13)$$

$$P_{гр5} = N_5 + Q_0; \quad (14)$$

$$P_{гр6} = N_6 + Q_0 - P_k \sin \beta, \quad (15)$$

где  $Q_0$  – давление на грунт от неподрессоренной части (узлы ходовой системы) сортиментовоза,

$$Q_0 = (G_3 - G_{п}) / 6. \quad (16)$$

Заключительным этапом расчета является построение и анализ эпюр распределения давлений на грунт под опорными катками. У гусеничных машин с рычажно-балансирной подвеской эпюры распределения удельных давлений по длине опорной поверхности гусеничного движителя имеют волнообразный характер с пиками под осями опорных катков.

Экспериментально установлено [2], что в гусеничных машинах с  $L_k/t_{гус} \geq 1,7$  (где  $L_k$  – шаг опорных катков,  $t_{гус}$  – шаг гусеницы) нормальные удельные давления под опорной ветвью действуют не на всю опорную поверхность гусениц, а на ее часть, равную сумме поверхностей отдельных опорно-активных участков, число которых соответствует числу опорных катков, а длина каждого зависит от шага гусеницы.

Расчетные эпюры распределения давлений на грунт под опорными катками гусеничных лесозаготовительных машин строятся следующим образом.

1. На схеме намечают оси опорных катков.

2. На нулевой линии симметрично относительно оси каждого опорного катка располагают опорно-активные участки, длина участка может быть принята равной  $3t_{гус}$ .

3. В принятом масштабе откладывают вниз от нулевой линии ординаты, соответствующие расчетным значениям давлений  $P_{гpi}$ . При этом применяют коэффициент 0,5 перехода от плоской системы сил (т.е. учесть наличие опорных катков двух бортов машины).

4. Соединяют прямыми линиями границы каждого опорно-активного участка с полученными точками.

Такие эпюры адекватны случаю движения по твердому грунту, на мягких грунтах характер эпюры можно отразить, соединив пиковые значения давлений  $P_{гpi}$  плавной линией.

Построенные эпюры распределения давлений позволяют судить о проходимости сортиментовоза: чем равномернее эпюра, тем выше, при прочих равных условиях, проходимость.

Для количественной оценки эпюр распределения давлений можно использовать также коэффициенты  $\psi_1$  и  $\psi_2$ , показывающие в процентах развесовку сортиментовоза по передней и задней кареткам ходовой системы:

$$\psi_1 = \frac{P_{гp1} + P_{гp2} + P_{гp3}}{P_{гp1} + P_{гp2} + P_{гp3} + P_{гp4} + P_{гp5} + P_{гp6}} \cdot 100; \quad (17)$$

$$\psi_2 = \frac{P_{гp4} + P_{гp5} + P_{гp6}}{P_{гp1} + P_{гp2} + P_{гp3} + P_{гp4} + P_{гp5} + P_{гp6}} \cdot 100. \quad (18)$$

В некоторых случаях проводят анализ конструкции, используя положение центра давления гусеничной машины. Существуют рекомендации по допустимому смещению центра давления относительно середины опорной поверхности гусениц. Координата  $X_P$  точки приложения нормальной реакции грунта под опорными катками (координата центра давления) определяется по формуле

$$X_P = \frac{P_{гp1}X_1 + P_{гp2}X_2 + P_{гp3}X_3 + P_{гp4}X_4 + P_{гp5}X_5 + P_{гp6}X_6}{P_{гp1} + P_{гp2} + P_{гp3} + P_{гp4} + P_{гp5} + P_{гp6}}. \quad (19)$$

Учитывая многовариантность исходных данных, обусловленную разнообразием рейсовых нагрузок и переменностью природно-производственных условий эксплуатации, расчеты давлений на грунт целесообразно проводить на ПЭВМ.

Авторами разработана программа «SORTDAV», предназначенная для выполнения на ПЭВМ расчетов давлений на грунт под катками сортиментовоза с жесткой рычажно-балансирной подвеской. Программа составлена на языке БЕЙСИК в соответствии с описанным выше алгоритмом и ориентирована на выполнение оценочных расчетов как при реальном проектировании, так и в учебном процессе, на стадии дипломного и курсового проектирования.

Программа «SORTDAV» работает в режиме диалога. Исходные данные вводятся пользователем в порядке, в котором их запрашивает программа. Перед началом работы необходимо подготовить бланк исходных данных на ПЭВМ. Выходная информация в соответствии с желанием пользователя может выдаваться как на дисплей, так и на печатающее устройство.

Следует отметить, что расчетные значения усилий на оси опорных катков могут быть использованы не только для анализа проходимости, но и при оценке прочности ходовой системы сортиментовоза, его поворотливости, устойчивости и т.п.

Проведенные по программе расчеты показали (рис. 2), что при холостом ходе машины катки передних кареток более нагружены, чем катки задних кареток. При грузовом ходе машины значительно нагружены катки задних кареток. При этом разворот манипулятора стрелой вперед позволяет несколько выровнять эпюру и снизить примерно на 20 % максимальное давление под шестым катком.

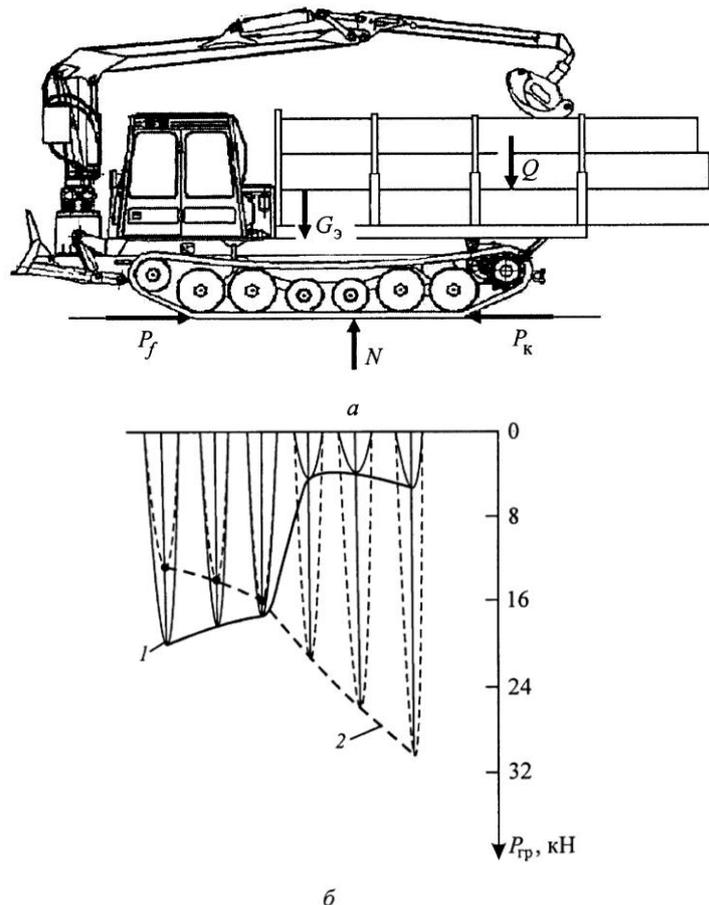
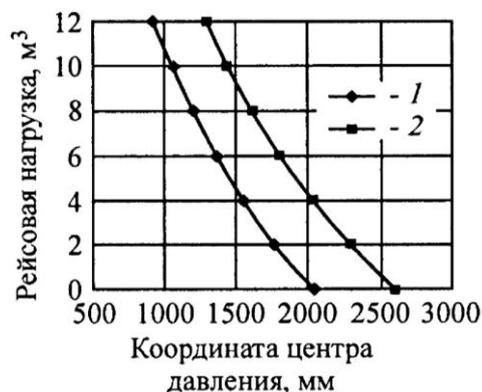


Рис. 2. Схема приложения (а) и расчетные эпюры распределения давлений (б) на грунт под опорными катками одного борта при стоянке сортиментовоза без груза (1) и с грузом (2)

Рис. 3. Зависимость координаты центра давления на грунт относительно оси заднего опорного катка от рейсовой нагрузки и положения гидроманипулятора: 1 – гидроманипулятор повернут назад, 2 – вперед



На рис. 3 представлены графики координаты центра давления (условной точки приложения нормальной реакции грунта на опорной поверхности гусеничного движителя машины) при различных рейсовых нагрузках и положениях манипулятора. В литературе рекомендуется обеспечивать смещение центра давления от середины опорной поверхности в пределах не более  $\pm 0,2L$  (где  $L$  – длина опорной поверхности).

Видно, что при рейсовых нагрузках свыше  $10 \text{ м}^3$  центр давления не выходит за рекомендуемые пределы (1200 ... 1500 мм), если гидроманипулятор повернут стрелой вперед.

#### Выводы

1. Проходимость гусеничных лесозаготовительных машин существенно зависит от эпюры давлений на грунт, параметры которой (форма, численные значения давлений под катками) определяются эксплуатационными условиями: рейсовой нагрузкой, состоянием поверхности движения и др.

2. Для расчетов эпюры давлений с учетом разнообразия эксплуатационных условий предложена программа на ПЭВМ.

3. Положение гидроманипулятора существенно влияет на распределение давлений под опорными катками, поэтому в инструкции по эксплуатации сортиментовоза целесообразно отразить рекомендацию о повороте гидроманипулятора стрелой вперед при выполнении грузового хода.

4. Разработанная расчетная методика позволяет оценивать нагруженность ходовой системы и может быть использована при анализе эксплуатационных свойств сортиментовоза: надежности, поворотливости и т.д.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов С.Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. М.: Гослесбуиздат, 1963. 271 с.
2. Скотников В.А., Пономарев А.В., Климанов А.В. Проходимость машин. Минск: Наука и техника, 1982. 328 с.

Поступила 23.12.10

*A.S. Voinash, S.A. Voinash*

Altai State Technical University Named after I.I. Polzunov

### **Study of Run Load Impact on Cross-country Ability of Track-type Short Log Truck**

With a run load considered, the pressure on soil exerted by track rollers of short log truck has been calculated. Recommendations on optimizing a pressure profile have been formulated.

*Keywords:* short log truck, cross-country ability, run load, pressure under track rollers.



УДК 629.114.2

**В.И. Посметьев, Л.Т. Свиридов, В.А. Зеликов**

Воронежская государственная лесотехническая академия

Посметьев Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1978 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет свыше 250 научных работ в области технических средств и систем защиты машин от перегрузок.  
E-mail: posmetyev@mail.ru



Свиридов Леонид Тимофеевич родился в 1948 г., окончил в 1975 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный изобретатель РФ, академик РАЕН. Имеет более 470 научных работ и 60 изобретений в области механизации лесного хозяйства и деревообработки.  
E-mail: nis@vglta.vrn.ru



Зеликов Владимир Анатольевич родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 35 научных работ в области технических средств и систем защиты машин от перегрузок.  
E-mail: zelikov-vrn@mail.ru



## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА ЛЕСНОГО ДИСКОВОГО КУЛЬТИВАТОРА**

Выполнена оптимизация основных конструктивных параметров механизма виброзаглубления культиватора КЛБ-1,7. Оптимизация проведена на основе разработанной ранее математической модели, при этом используется графическое представление поверхностей отклика и благоприятных областей факторного пространства.

*Ключевые слова:* лесная почва, культиватор, дисковая батарея, виброзаглубление, оптимизация, математическое моделирование.

Сообщение вибрации рабочим органам лесных почвообрабатывающих орудий способствует их заглублению [3, 4]. Применение вибрационного метода позволяет не утяжелять орудия заглубляющим балластом (камни или песок), в результате уменьшить их массу и повысить маневренность. Ранее авторами был разработан механизм для виброзаглубления рабочих органов лесного дискового культиватора КЛБ-1,7. Дополнительное заглубление осуществляется благодаря вибрации рабочих органов с амплитудой 2...5 см. Вибрация сообщается гидроцилиндром стойке с дисковой батареей, при этом стойка совершает колебания относительно шарнира пружинного амортизатора [4]. В гидравлической системе механизма, к которому подключен гидроцилиндр, создаются пульсации давления специальным гидропульсатором.

Выполненное ранее теоретическое исследование показало, что за счет сообщения вибрации дисковым батареям культиватора КЛБ-1,7 можно добиться увеличения глубины обработки почвы примерно на 15...20 % (при частоте синусоидальных колебаний 12...20 Гц и амплитуде 5 см). Применение вибрации на рабочих органах позволяет снизить на 25...30 % рабочее сопротивление культиватора, а следовательно, примерно на столько же уменьшить мощность, потребляемую двигателем агрегатируемого трактора. В то же время мощность, затрачиваемая на привод вибрационного

механизма, составляет 20...25 %, что не превышает ее снижения от применения виброэффекта на рабочих органах культиватора. При этом эффект дополнительного заглубления зависит от углов установки дисковой батареи. Наибольшее влияние наблюдается при угле атаки дисков  $\alpha = 30^\circ$  и их наклоне к вертикали  $\beta = 5^\circ$  [3].

Таким образом, использование вибрационного механизма на дисковом культиваторе не требует дополнительных затрат мощности от двигателя агрегатируемого трактора, но обеспечивает повышение качества обработки почвы при уходе за лесными культурами.

Цель данной работы состоит в том, чтобы на основе математического моделирования определить основные параметры механизма для виброзаглубления: частоту пульсаций и рабочее давление в гидросистеме, обеспечивающие наибольшую эффективность работы вибратора и наименьшие энергетические затраты.

Исследования базируются на использовании разработанной ранее математической модели механизма для виброзаглубления. В рамках модели воспроизводится как механическая подсистема (взаимное движение трактора, рамы орудия, дисковой батареи, взаимодействие с почвой), так и гидравлическая (взаимодействие гидропульсатора, соединительного шланга, гидроцилиндра) [5]. В целом модель представляет собой систему из большого количества дифференциальных и алгебраических уравнений, определяющую эволюцию с течением времени механической и гидравлической подсистем культиватора, а также системы шарообразных элементов почвы. Для численного интегрирования системы используется модифицированный метод Эйлера. В целях организации комплексного исследования механизма для виброзаглубления культиватора КЛБ-1,7 разработана специальная компьютерная программа на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7. Программа позволяет проводить компьютерные эксперименты с моделью, в процессе которых трактор движется с постоянной горизонтальной скоростью и преодолевает путь 10 м. При этом рассчитываются такие выходные параметры, как мощность, затрачиваемая на горизонтальное движение культиватора и функционирование механизма для виброзаглубления, средняя глубина обработки почвы, амплитуда вибрации дисковой батареи. Спустя некоторое время после начала компьютерного эксперимента культиватор выходит на установившуюся глубину обработки, при этом переходные процессы в гидросистеме сменяются стабильным режимом ее работы.

Задача оптимизации сложных систем сводится к отысканию экстремума функции ряда переменных [2]. При этом необходимо определить такие области изменения входных параметров  $F_i$  (факторов), при которых выходные характеристики машины удовлетворяют некоторому принятому критерию либо несколькими частным. Критерий оптимизации должен всесторонне характеризовать изучаемую систему, поэтому его обычно составляют в виде линейной комбинации с соответствующими весовыми коэффициентами частных критериев оптимизации  $k_i$ , представляющих собой экономические или качественные показатели [1].

Ранее выполненные теоретические исследования позволили определить, что наибольшее влияние на эффективность сообщения вибрации механизмом для виброзаглубления оказывают такие параметры, как рабочее давление в гидросистеме  $P_p$  и частота пульсаций гидропульсатора  $f_{гп}$ . При оптимизации необходимо найти такой набор параметров  $(P_p, f_{гп})$ , при которых амплитуда вибрации дисковой батареи  $A(P_p, f_{гп})$  будет максимальной, а суммарная мощность (поступательного перемещения культиватора и гидропульсатора)  $N(P_p, f_{гп})$  – минимальной. Таким образом, в данной статье решена следующая задача оптимизации:

$$\begin{cases} A(P_p, f_{гп}) \rightarrow \max; \\ N(P_p, f_{гп}) \rightarrow \min. \end{cases}$$

Выбор в качестве критериев оптимизации амплитуды вибрации  $A$  и мощности  $N$  связан с тем, что первая является мерой интенсифицирующего действия механизма, а вторая определяет энергетические затраты на обработку почвы и экономическую эффективность.

При оптимизации параметров механизма для виброзаглубления  $P_p$  варьировали от  $15 \cdot 10^5$  до  $40 \cdot 10^5$  Па, а  $f_{гп}$  от 3 до 8 Гц на шести равноотстоящих уровнях (включая границы интервала). В каждой точке  $(P_p, f_{гп})$  проводили отдельный компьютерный эксперимент, при этом общее их количество, позволившее получить табличный вид функций двух переменных  $A(P_p, f_{гп})$  и  $N(P_p, f_{гп})$ , было равно  $6 \times 6 = 36$ .

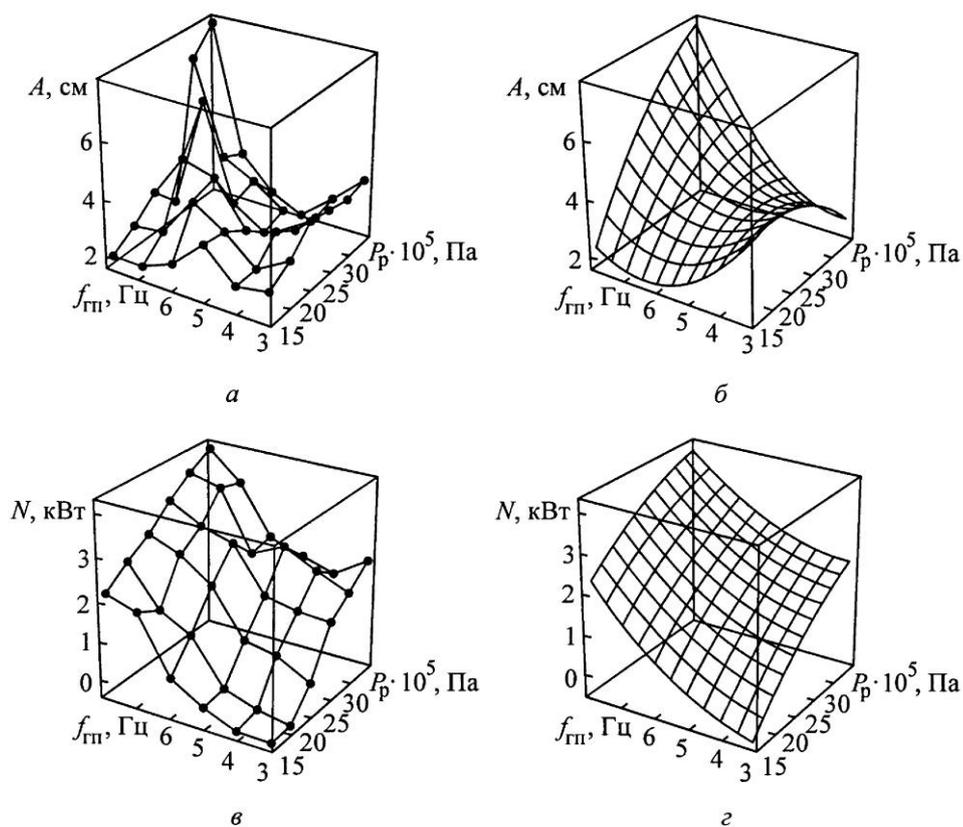


Рис. 1. Поверхности отклика к оптимизации параметров устройства виброзаглубления: а, в – результаты компьютерных экспериментов; б, г – соответствующие аппроксимирующие поверхности

При двухкритериальной оптимизации имеется возможность графически изобразить поверхность отклика и провести ее анализ (рис. 1) [2]. Как видно из рис. 1, поверхности отклика можно условно разделить на две области: благоприятную (затемнена на рис. 2), в которой критерий оптимизации принимает искомые минимальные и максимальные значения, и неблагоприятную. Для выбора границы между этими областями в данном случае руководствовались соображениями, что благоприятная область должна включать высокие или низкие значения функции (в соответствии с задачей), занимать значительную долю факторного пространства (10...50 %)

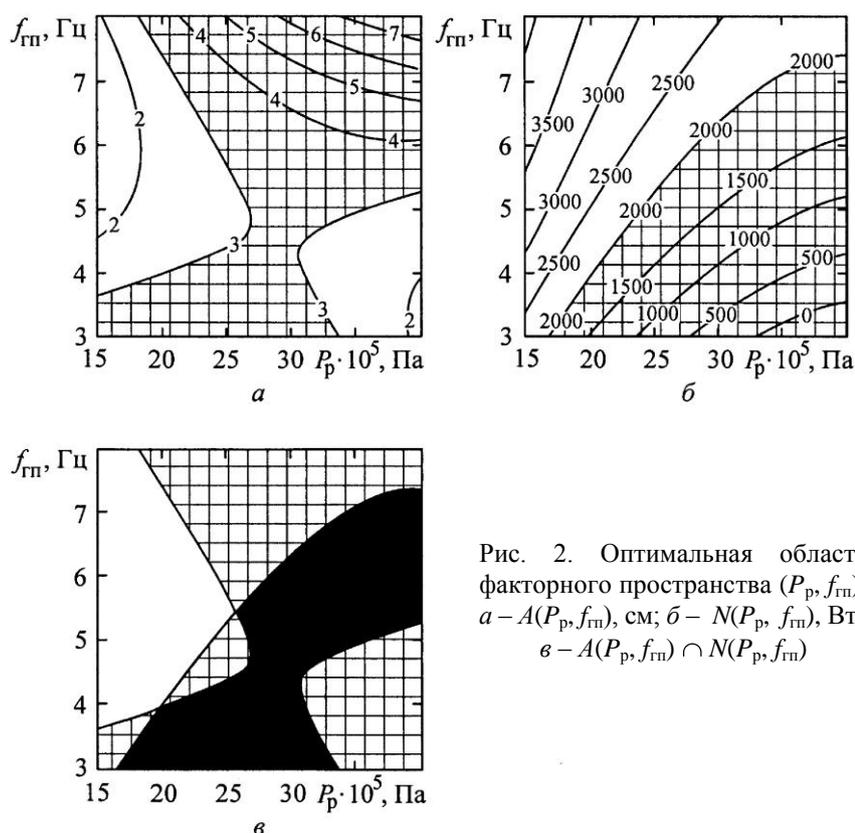


Рис. 2. Оптимальная область факторного пространства  $(P_p, f_{гп})$ :  
 $a - A(P_p, f_{гп})$ , см;  $b - N(P_p, f_{гп})$ , Вт;  
 $v - A(P_p, f_{гп}) \cap N(P_p, f_{гп})$

и не присоединять области существенного изменения факторов (нестабильного функционирования) [1]. В качестве границ между благоприятной и неблагоприятной областями выбраны: для функции  $A$  (изолиния 3 см; для  $N(P_p, f_{гп})$  изолиния 2000 Вт.

Анализ конфигурации благоприятных областей в факторном пространстве  $(P_p, f_{гп})$  позволяет сделать следующие выводы (рис. 2). При выборе рабочего давления и частоты гидропульсатора необходимо учитывать, что оптимальная комбинация качественных и экономических показателей достигается для протяженной области факторного пространства  $(P_p, f_{гп})$ , изображенной на рис. 2 (черный цвет). В частности, целесообразно использовать рабочее давление  $(25...40) \cdot 10^5$  Па, а частоту пульсаций давления  $5...7$  Гц. В случае, если гидропульсатор настроен на меньшую частоту ( $3...4$  Гц), необходимо использовать рабочее давление  $(20...30) \cdot 10^5$  Па.

Таким образом, оптимальные выходные характеристики механизма для виброзаглубления достигаются при рабочем давлении  $(25...40) \cdot 10^5$  Па и частоте пульсаций давления  $5...7$  Гц. Плавный характер зависимостей выходных характеристик позволяет утверждать, что даже при существенном изменении условий эксплуатации механизм для виброзаглубления будет стабильно и эффективно функционировать.

Результаты выполненных авторами полномасштабных экспериментов на натуральных образцах серийного и опытного культиваторов методом электротензометрирования подтвердили аналогичные результаты компьютерного моделирования [3]. Предлагаемая конструкция вибрационного механизма может быть использована также для повышения заглубляющего эффекта рабочих органов других почвообрабатывающих орудий аналогичного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий: учеб. для вузов. М.: Наука, 1976. 279 с.
2. Дегтярев Ю.И. Методы оптимизации: учеб. пособие для вузов. М.: Сов. радио, 1980. 272 с.
3. Исследование динамического и вибрационного заглубления дисковой батареи культиватора КЛБ-1,7/В.И. Посметьев [и др.]// Вестн. Москов. гос. ун-та леса. 2009. № 4 (67). С. 112–116.
4. Посметьев В.И., Посметьев В.В. Модель процесса вибрационного взаимодействия с почвой дисковых рабочих органов лесных орудий//Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса : сб. науч. тр. / ВГЛТА. Воронеж, 1999. С. 202–206.
5. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ /под ред. Е.Ю. Малиновского. М.: Машиностроение, 1980. 216 с.

Поступила 20.01.11

*V.I. Posmetiev, L.T. Sviridov, V.A. Zelikov*  
Voronezh State Academy of Forestry and Technology

**Operating Parameters Optimization of Vibration Device for Forest Disc Cultivator**

Main parameters optimization of vibro-deepening device for KLB-1.7 cultivator is carried out based on the earlier-developed mathematical model. Graphic presentation of the response surfaces and favorable areas factorial space are used.

*Keywords:* forest soil, cultivator, disk battery, vibro-deepening, optimization, mathematical modeling.





## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 628.517.2

**Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асминин**

Воронежская государственная лесотехническая академия

Осмоловский Денис Сергеевич родился в 1986 г., окончил в 2008 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности ВГЛА. Имеет 8 публикаций в области снижения шума и вибрации от производственного оборудования.

E-mail: rectorat@vglta.vrn.ru



Асминин Виктор Федорович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Воронежский технологический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет около 90 публикаций в области снижения шума и вибрации от производственного оборудования.

E-mail: rectorat@vglta.vrn.ru



### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ВИБРОДЕМПФИРУЮЩИХ ПРОКЛАДОК С ФРИКЦИОННЫМ ТРЕНИЕМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА ОТ КРУГЛОПИЛЬНЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Предложена новая конструкция устройства для снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков.

*Ключевые слова:* круглопильный деревообрабатывающий станок, вибродемпфирование, снижение шума.

Для снижения шума круглопильных деревообрабатывающих станков (уровень шума на рабочем ходу составляет 110...115 дБА) наиболее действенно снижение звукоизлучения в источнике его возникновения. Доминирующим источником шума является пильный диск, в меньшей степени – другие конструктивные узлы станка (электропривод, станина и др.). Звуковую вибрацию пильного диска можно снизить до 6...8 дБА за счет применения вибродемпфирующих материалов, контактирующих с его поверхностью. Наиболее эффективно использование конструкции из прокладочных материалов (с заданными вибродемпфирующими свойствами), помещенной между пильным диском и зажимными фланцами деревообрабатывающего станка. В этой конструкции могут быть использованы эластичные вязкоупругие материалы, в которых диссипация вибрационной энергии происходит за счет вязкого трения (в самом материале) [2].

Однако вязкоупругие материалы для вибродемпфирующих покрытий имеют ряд существенных недостатков. Во-первых, эффективность их применения ощутима при достаточной толщине прокладки, которая должна в 1,5 – 2 раза превышать толщину пильного диска, что приводит к недостаточно надежной фиксации пильного диска и, как следствие, поперечным биениям с увеличением ширины пропила и ухудшению качества обработки поверхности древесного материала. Во-вторых, такие прокладки подвержены внезапному разрушению вследствие возникающих

в них деформаций сдвига и кручения из-за высокой частоты вращения (4000... 6000 об/мин) пильного диска и нагрузок в процессе резания. Последнее обстоятельство может привести к разрушению пильного диска и угрозе травмирования операторов станка.

Для вибродемпфирующих конструкций предлагается использовать минеральные абразивные материалы на тканевой или бумажной основе, которые лишены недостатков, присущих прокладкам из вязкоупругих материалов [1]. Физическим фактором диссипации в таких прокладках выступает сухое трение, возникающее при контакте абразивных частиц.

Конструктивно прокладка выполняется двухслойной с абразивными слоями, обращенными друг к другу. Фрикционная площадь поверхности увеличивается в несколько раз за счет взаимного проникновения абразивных частиц слоев прокладок, что позволяет повысить их акустическую эффективность, при этом ограничить их размер до диаметра зажимного фланца. Толщина таких прокладок составляет не более 1,0...1,5 мм.

Как известно, основными характеристиками диссипативных свойств вибродемпфирующих материалов являются связанные между собой коэффициент потерь  $\eta$  и динамический модуль упругости  $E'$ :

$$E = E'(1 + j\eta), \quad (1)$$

где  $E$  – комплексный модуль упругости.

Для сравнительного анализа диссипативных свойств вибродемпфирующих прокладок с вязким и сухим трением при определении коэффициента потерь предпочтительно использовать метод составных стержней Оберста [3]. Данная методика позволяет получить достоверные значения коэффициента потерь на частотах возбуждения до 1000 Гц. Следуя данной методике, измеряли суммарный коэффициент потерь  $\eta_{\Sigma}$  несущего стержня и варьируемых материалов прокладки, наносимых клеевой фиксацией. Для экспериментальных исследований использовали стальной несущий стержень марки Ст08Ю, 08ПС толщиной 2 мм.

Показатели физико-механических свойств исследованных материалов

Материал (размер частиц, мкм)	Поверхностная плотность, кг/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Суммарный коэффициент потерь при $f = 1000$ Гц
Бумажная основа			
P 24 (710)	1,728	1,55	0,0185
P 40 (355)	1,449	1,40	0,0220
P 60 (250)	0,936	1,00	0,0300
P 80 (180)	0,875	0,80	0,0240
P 100 (150)	0,764	0,72	0,0210
P 120 (100)	0,723	0,68	0,0192
P 320 (46,2)	0,499	0,50	0,0171
P 2000 (10,3)	0,425	0,40	0,0155
Тканевая основа			
P 24 (710)	1,965	1,65	0,1850
P 40 (355)	1,682	1,45	0,0220
P 60 (250)	1,392	1,30	0,0250
P 80 (180)	1,264	1,20	0,0300
P 100 (150)	1,193	0,85	0,0230
P 120 (100)	1,127	0,74	0,0196
P 320 (46,2)	0,912	0,55	0,0173
P 2000 (10,3)	0,848	0,46	0,0158
Линолеум			
ПВХ	2,700	4,00	0,0160
На тканевой основе	2,200	3,00	0,0125

Демпфирующие свойства были изучены на образцах, изготовленных из серийно выпускаемых шлифлистов на тканевой и бумажной основе с минеральными абразивными частицами различной дисперсности, а также из линолеума ПВХ и линолеума на тканевой основе. Два последних материала выбраны как наиболее распространенные вибродемпфирующие покрытия с вязкоупругим трением.

В таблице приведены физико-механические характеристики испытуемых материалов.

Для научного обоснования виброакустической эффективности конструкции из прокладочных материалов с сухим трением было исследовано влияние вида основы (тканевая и бумажная), частоты возбуждения  $f$  и размера частиц  $d$  (дисперсность) минерального абразивного материала на суммарный коэффициент потерь  $\eta_{\Sigma}$ .

Приведенные на рис. 1 графики отражают влияние частоты возбуждения, основы прокладки (бумажная, тканевая) и размера частиц минерального абразивного материала на изменение суммарного коэффициента потерь. Из графиков видно, что характер кривых при использовании как тканевой, так и бумажной основы идентичен и значения коэффициента потерь отличаются незначительно. Причиной этому является разница в плотностях материалов основы.

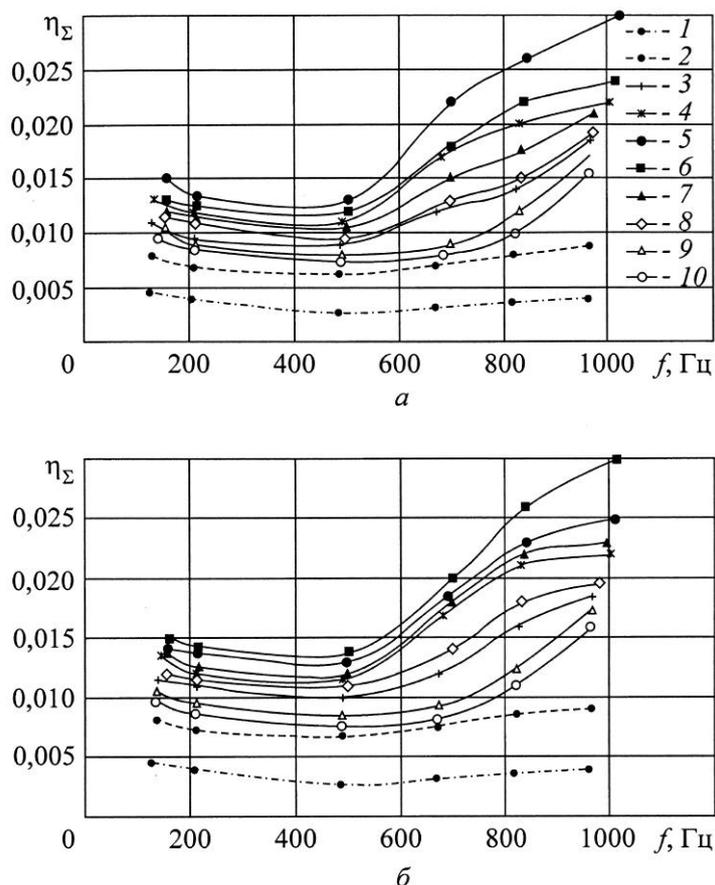


Рис. 1. Зависимость суммарного коэффициента потерь  $\eta_{\Sigma}$  от частоты возбуждения  $f$ , основы прокладки ( $a$  – бумажная,  $b$  – тканевая основа) и размера  $d$  частиц минерального абразивного материала: 1 – стержень, 2 – стержень + 1 слой  $d = 355$  мкм, 3 – 710, 4 – 355, 5 – 255, 6 – 180, 7 – 150, 8 – 105, 9 – 46, 10 – 10 мкм

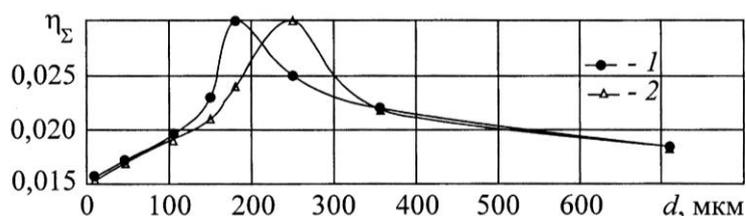


Рис. 2. Зависимость  $\eta_{\Sigma}$  от  $d$  на частоте  $f = 1000$  Гц:  
1 – тканевая, 2 – бумажная основа

Анализ графиков показал, что с увеличением частоты возбуждения в диапазоне от 200 до 500 Гц суммарный коэффициент потерь не растет, свыше 500 Гц он резко возрастает, достигая своего максимального значения (0,03) при частоте 1000 Гц.

На рис. 2 приведено графическое отображение влияния размера частиц, тканевой и бумажной основы при частоте 1000 Гц на изменение коэффициента потерь. Из графической зависимости видно, что размер частиц существенно влияет на значение суммарного коэффициента потерь: с возрастанием размера частиц он увеличивается, достигая своего максимального значения (0,03) при размере частицы 200 мкм. Дальнейшее увеличение размера частиц приводит к уменьшению коэффициента потерь. Вследствие этого выдвинуто предположение, что основным фактором диссипации в предложенной конструкции является сухое трение между минеральными абразивными частицами слоев прокладки.

На рис. 3 представлено влияние частоты возбуждения на суммарный коэффициент потерь вибродемпфирующих покрытий. Анализ графической зависимости изменения суммарного коэффициента потерь вибродемпфирующего покрытия с сухим трением от частоты возбуждения позволяет утверждать, что диссипативные свойства предлагаемого материала резко возрастают в высокочастотном диапазоне ( $f > 500$  Гц), но в низко- и среднечастотном диапазоне эти покрытия существенно уступают вязкоупругим материалам. Однако плотность вязкоупругих материалов в 2 – 3 раза превышает плотность предлагаемого материала с сухим трением (см. таблицу).

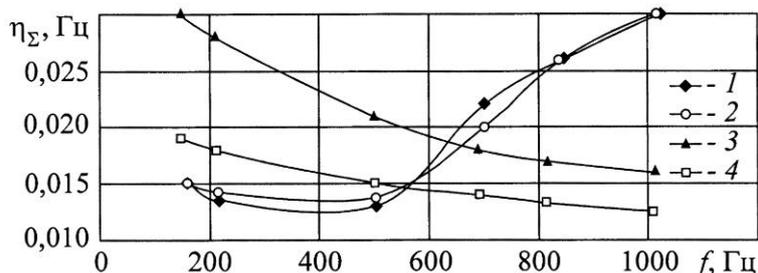


Рис. 3. Зависимость  $\eta_{\Sigma}$  вибродемпфирующих покрытий от  $f$ : 1 – бумага ( $d = 255$  мкм), 2 – ткань (180 мкм), 3 – линолеум ПВХ, 4 – линолеум на тканевой основе

Очевидно, что вибродемпфирующие прокладки с сухим трением обладают наибольшей виброакустической способностью в высокочастотном диапазоне, что наиболее предпочтительно для демпфирования вибрации пыльного диска, в спектре шума которого преобладает высокочастотная составляющая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осмоловский Д.С., Асминин В.Ф.* Пути снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков применением вибродемпфирования с сухим трением в узле крепления пильного диска // Леса России в XXI веке: I Междунар. науч.-практ. интернет-конф. Июль 2009 г. СПб.: СПбГЛТА, 2009. 264 с.
2. *Соколов Г.А.* Борьба с шумом в деревообрабатывающей промышленности. М.: Лесн. пром-сть, 1974. С. 144.
3. *Oberst H.* Uber die Dampfung der Biegeschurgungen dunner Bleche durch Festhaftende Belage // Acoustische Beihefte. 1952. P. 181–195.

Поступила 23.03.10

*D.S. Osmolovsky, V.F. Asminin*  
Voronezh State Academy of Forestry and Technology

**Experimental Research of Dissipative Characteristics of Vibration-damping Bearings with Friction for Noise Reduction of Circular-saw Woodworking Machine**

A new design of the device for noise reduction of circular-saw woodworking machines is proposed.

*Keywords:* circular-saw woodworking machine, vibration damping, noise reduction.

УДК 621.933.3

**Г.Ф. Прокофьев, Н.Ю. Микловцик, А.М. Тюрин**

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

Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики и основ конструирования Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, действительный член РАЕН. Имеет более 250 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента.  
Тел.: 8(8182) 21-61-67



Микловцик Николай Юрьевич родился в 1944 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доцент кафедры прикладной механики и основ конструирования Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 70 научных трудов в области механической обработки древесины и промышленной безопасности предприятий, эксплуатирующих опасные производственные объекты.  
Тел.: 8-931-404-00-76



Тюрин Алексей Михайлович родился в 1985 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры прикладной механики и основ конструирования, преподаватель ФГОУ СПО «Архангельский лесотехнический колледж Императора Петра I».  
E-mail: alexejtyrin@rambler.ru



## **ЛЕСОПИЛЬНЫЙ СТАНОК С НЕРАСТЯНУТЫМИ «ПЛАВАЮЩИМИ» ПОЛОСОВЫМИ ПИЛАМИ, СОВЕРШАЮЩИМИ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ В НАПРАВЛЯЮЩИХ**

Выявлены условия, при которых возможно точное пиление древесины нерастянутыми полосовыми пилами, совершающими возвратно-поступательное движение в аэростатических направляющих, указаны параметры станка и его достоинства.

*Ключевые слова:* точность пиления древесины, жесткость и устойчивость полосовых пил, условия точного пиления, направляющие для пил, конструкция лесопильного станка, достоинства станка.

Для обеспечения требуемой точности пиления древесины необходимо, с одной стороны, уменьшить силы, действующие на пилы в процессе пиления, с другой – повысить способность пил противодействовать этим силам (жесткость и устойчивость). В РПИ 6.1-00 [5] отмечается, что для качественного и производительного пиления древесины рамные пилы при высоте пропила менее 500 мм должны иметь начальную жесткость, равную 60...70 Н/мм.

На начальную жесткость  $j_n$  рамных пил оказывают влияние большое число факторов: свободная длина пилы в плоскости ее наименьшей жесткости  $l$ , сила натяжения  $N$ , толщина пилы  $s$ , ширина полотна пилы  $b$ , эксцентриситет линии натяжения  $e$ , начальное напряженное состояние пилы. Значимо влияют на начальную жесткость пилы свободная длина пилы и сила натяжения.

С направляющими для пил, установленными над и под распиливаемым материалом, свободная длина пил уменьшается на ход пил  $H$ , т. е. в несколько раз, и при определенной высоте пропила требуемая жесткость может быть обеспечена при отсутствии натяжения ( $N = 0$ ) за счет собственной жесткости пилы  $j_c$ .

В работах [3, 4] методами конечных элементов и Б.Г. Галеркина выполнены расчеты прогибов нерастянутых рамных пил под действием боковой сосредоточенной силы, приложенной на середине линии межзубовых впадин и полотна пилы.

Значения прогибов, определенных расчетным путем с использованием методов конечных элементов и Б.Г. Галеркина, практически совпадают.

Экспериментальные исследования подтвердили правильность принятых допущений и точность теоретических расчетов. Разность между теоретическими и экспериментальными данными не превышала 4 %. Жесткость пилы определяли из выражения

$$j = Q_i/y.$$

Значения жесткости нерастянутой рамной пилы  $j$ , свободная длина  $l$  которой ограничена направляющими, приведены в таблице. На рис. 1 по данным таблицы получены зависимости жесткости  $j$  от свободной длины  $l$  при фиксированной ширине полотна пилы ( $b = 100$  мм) и разных толщинах пил. Требуемая для точного пиления жесткость, равная 60 Н/мм, достигается, как определено из графиков (рис. 1), для  $b = 100$  мм при

$$l = 122s - 48,8. \quad (1)$$

Свободная длина пилы  $l$  равна расстоянию между направляющими и определяется высотой пропила, поэтому целесообразно определить толщину пилы в зависимости от свободной длины пилы  $l$ . Такая зависимость имеет вид

$$s = 0,008l + 0,5. \quad (2)$$

Из уравнения (2) следует, что для  $l = 200$  мм и  $b = 100$  мм необходимая жесткость пилы достигается при  $s = 2,1$  мм. Принимаем ближайшую большую стандартную толщину  $s = 2,2$  мм.

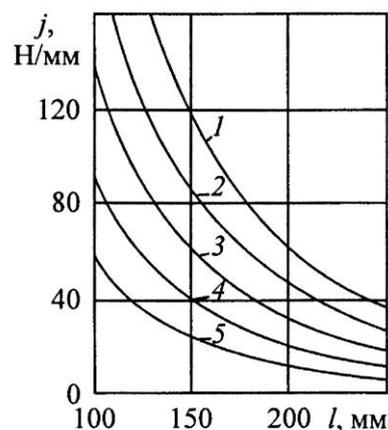
#### Влияние ширины полотна, толщины и свободной длины на жесткость зубчатой кромки нерастянутой рамной пилы

Свободная длина, мм	Жесткость пилы, Н/мм, при ширине, мм, и толщине пилы, мм											
	100					125	150					175
	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,8	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,8
100	56,1	89,2	132,6	180,6	258,2	192,4	57,0	90,8	135,3	192,3	265,1	194,3
150	23,5	37,4	55,9	79,8	109,0	82,8	24,9	39,6	59,1	84,2	115,4	84,9
200	12,0	19,2	28,6	40,7	55,7	44,0	13,6	17,6	32,1	45,7	62,9	46,7
250	17,0	11,5	16,7	23,7	32,7	26,1	8,3	13,4	19,5	27,8	38,3	28,9

Условие  $j \geq 60$  Н/мм является необходимым для обеспечения требуемой точности пиления древесины полосовой пилой, но не достаточным. Второе условие [2] – критическая сила пилы  $P_{кр}$  должна превышать максимальную горизонтальную силу резания (силу отжима) не менее чем в 1,25 раз:

$$P_{кр} \geq 1,25P_{\max}. \quad (3)$$

Рис. 1. Зависимость жесткости  $j$  зубчатой кромки нерастянутой ( $N = 0$ ) рамной пилы от свободной длины  $l$  при ширине полотна  $b = 100$  мм и различной толщине, мм:  
 $l - 2,0; 2 - 1,8; 3 - 1,6; 4 - 1,4; 5 - 1,2$



Теоретические исследования устойчивости рамных пил в направляющих выполнены в работе [4]. Для нерастянутых рамных пил в направляющих рекомендуется следующая формула для расчета критической силы с учетом равномерной распределенности нагрузки по высоте пропила:

$$P_{кр} = (ql)_{кр} = \frac{133,7 \cdot 10^4 b s^3}{m l^2} \left(1 - 1,27 \frac{b}{m l}\right), \quad (4)$$

где  $m = 4,93 L/l - 2,79$ ;

$L$  – свободная длина пилы в плоскости ее наибольшей жесткости.

Формула (4) показывает большое влияние на  $P_{кр}$  свободных длин  $l$  и  $L$ . Так, для  $L = 600$  мм,  $s = 2,2$  мм,  $b = 120$  мм при изменении  $l$  от 200 до 100 мм устойчивость пил возрастает в 1,7 раза. Отсюда следует, что необходимо уменьшать свободную длину  $l$  за счет установки направляющих для пил над и под распиливаемым материалом. При этом необходимо предусмотреть регулировку положения верхних направляющих в соответствии с изменением высоты пропила (высоты распиливаемого бруса). Для обеспечения высокой точности пиления нерастянутыми пилами необходимо уменьшить и длину пил в плоскости наибольшей жесткости  $L$ , которая оказывает большое влияние на устойчивость пил ( $P_{кр}$ ): для  $l = 200$  мм,  $s = 2,0$  мм,  $b = 120$  мм при уменьшении  $L$  от 800 до 600 и 400 мм  $P_{кр}$  возрастает соответственно в 1,38 и 2,4 раза. На уменьшение  $l$  и  $L$  следует обратить особое внимание, так как оно может быть осуществлено конструктивным путем за счет создания нового лесопильного станка с нерастянутыми полосовыми пилами, совершающими возвратно-поступательное движение в направляющих.

Следует отметить, что на устойчивость пилы сильно влияют и размеры сечения пилы – толщина  $s$  и ширина полотна  $b$ : при увеличении толщины пилы от 1,6 до 2,2 мм ( $l = 200$  мм,  $L = 600$  мм,  $b = 120$  мм) и ширины полотна пилы от 120 до 160 мм ( $l = 200$  мм,  $L = 600$  мм,  $s = 2,2$  мм)  $P_{кр}$  возрастает соответственно в 2,6 и 1,3 раза. Необходимо сохранять постоянство ширины полотна пилы, например, за счет оснащения зубьев пил твердым сплавом. Отсутствие натяжения пил и возможность согласования скоростей резания и подачи обеспечивают надежность работы таких пил. Увеличение толщины пил дает большой эффект для повышения устойчивости. Однако при этом одновременно возрастает расход древесины в опилки, увеличиваются энергозатраты и силы резания, поэтому переход на более толстые пилы возможен в крайнем случае, если устойчивости пил недостаточно и она не может быть увеличена другими средствами.

Кроме выполнения первого условия ( $j \geq 60$  Н/мм), для обеспечения точного пиления древесины нерастянутыми полосовыми пилами необходимо выполнить второе условие ( $P_{кр} \geq 1,25P_{max}$ ), т. е. необходимо знать не только устойчивость пил  $P_{кр}$ , но и максимальную силу отжима  $P_{max}$ .

Максимальная сила отжима связана со средней касательной силой резания соотношением [6]  $P_{max} = 2,1R_{cp}$ .

Так как [1]

$$R_{cp} = \frac{Kb'hU_{zcp}}{2t}, \text{ то } P_{max} = \frac{2,1Kb'hU_{zcp}}{2t}, \quad (5)$$

где  $K$  – удельная работа резания, Н/мм<sup>2</sup>;

$b'$  – ширина пропила,  $b' = s + 2s'$ , мм;

$s'$  – уширение зубьев на сторону, мм;

$h$  – высота пропила, мм;

$U_{zcp}$  – средняя подача на зуб, мм;

$t$  – шаг зубьев пилы, мм.

Удельная работа резания при распиловке ели, сосны и пихты определяется по уравнению [1]

$$K = 37 + \frac{0,2h}{s + 2s'} + \frac{7,2a_p}{U_{zcp}}. \quad (6)$$

Приняв для продолжительности работы пил 160 мин коэффициент затупления зубьев  $a_p = 1,6$ ;  $s' = 0,8$  мм;  $U_{zcp} = 1,8$  мм;  $t = 26$  мм и подставив значение  $K$  в уравнение (5) [6], имеем

$$P_{max} = 0,073h(43,4S + 0,2h + 69,44). \quad (7)$$

Определим из условия (3) максимальную свободную длину  $L$  и ход пил  $H$ . Ширина полотна нерастянутой пилы может изменяться в пределах 120...160 мм. Расчеты выполним для наименьшей ширины полотна пилы  $b = 120$  мм. Требуемую толщину пилы определим из выражения (2) для  $l = 200$  мм. Получаем  $s = 2,1$  мм, принимаем стандартную толщину  $s = 2,2$  мм.

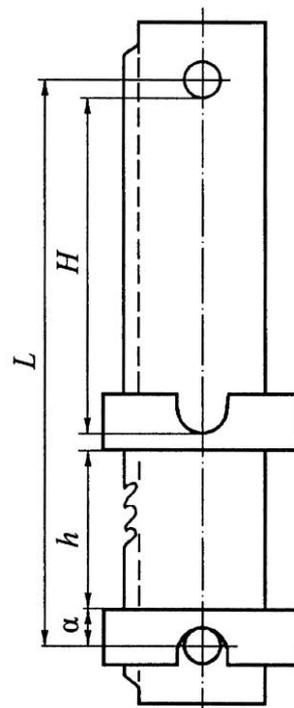
Подставив в выражение (3) значения  $P_{кр}$  (4) и  $P_{max}$  (7) при  $l = h = 200$  мм,  $s = 2,2$  мм и  $b = 120$  мм, имеем  $m = 13,47$  и  $L = 650,4$  мм.

Из рис. 2, на котором представлена схема рамной пилы в направляющих, видим, что свободная длина

$$L = l + H + 2a.$$

Если конструктивно принять  $a = 75$  мм, то при  $l = 200$  мм ход пил не должен превышать  $H = 300$  мм.

Рис. 2. Схема нерастянутой рамной пилы в направляющих



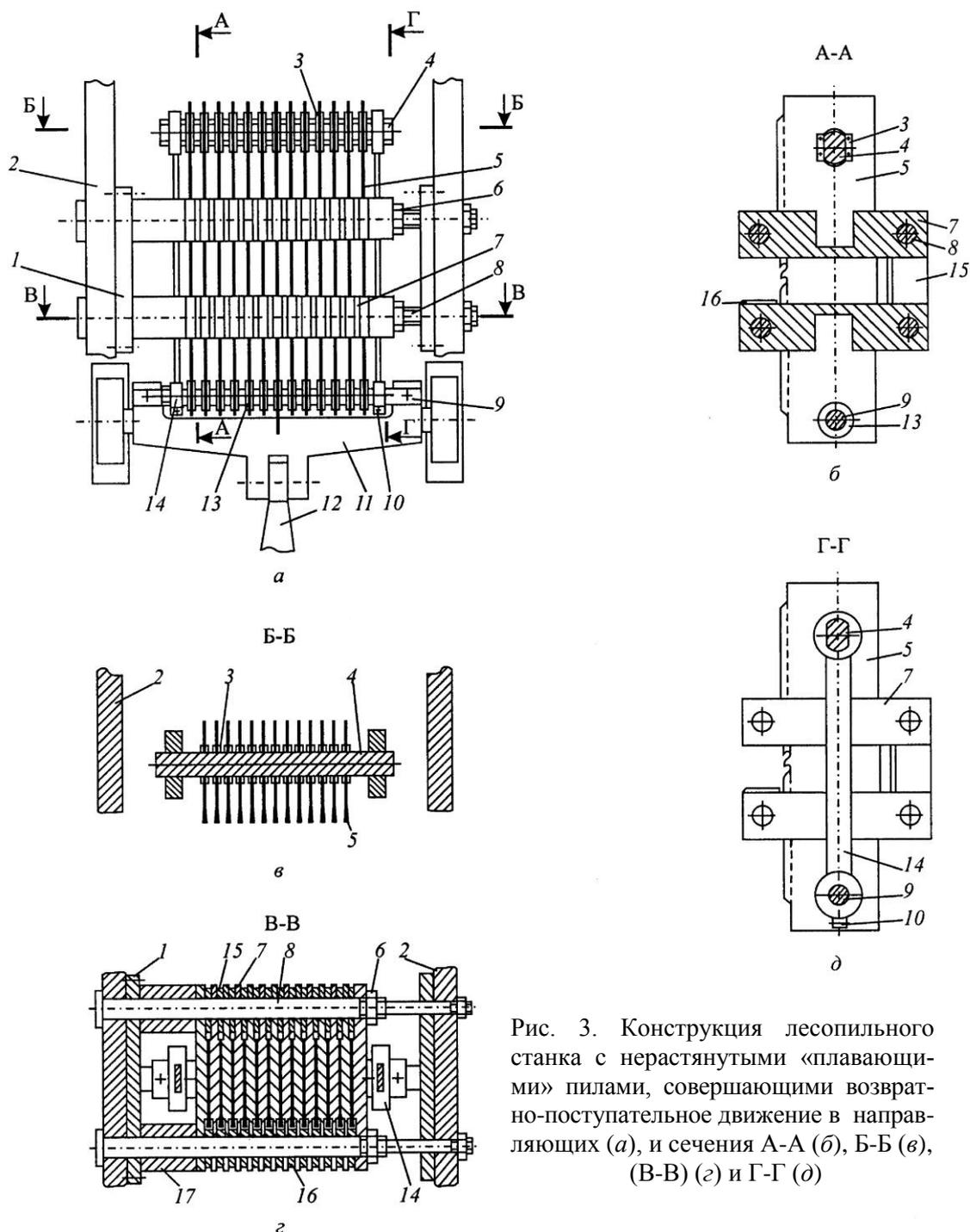


Рис. 3. Конструкция лесопильного станка с нерастянутыми «плавающими» пилами, совершающими возвратно-поступательное движение в направляющих (а), и сечения А-А (б), Б-Б (в), (В-В) (г) и Г-Г (д)

На основании выполненных исследований предложена конструкция нового лесопильного станка с нерастянутыми полосовыми пилами, совершающими возвратно-поступательное движение в направляющих. Станок нельзя назвать лесопильной рамой, а пилы рамными, так как у него отсутствует пильная рама, а также захваты, струбцины и межпильные прокладки. На рис. 3 показан общий вид лесопильного станка с сечениями А-А, Б-Б, В-В и Г-Г.

Узел резания лесопильного станка содержит станину 2, на которой закреплены плиты 1. Сквозь отверстия, выполненные в станине и плитах, проходят стержни 8, на которые надеты направляющие 7. Толщина направляющих соответствует требуемому расстоянию между пилами 5, надетыми на верхний 4 и нижний 9 горизонтальные стержни. Нижний стержень закреплен на поперечине 11, связанной с кривошипно-шатунным механизмом 12. На концы верхнего и нижнего стержней надеты кронштейны 14, соответственно верхними и нижними отверстиями, выполненными в них. Кронштейны имеют возможность поворота относительно оси нижнего стержня с жесткой фиксацией в этом положении с помощью фиксаторов 10.

В нижних частях пил выполнены круглые отверстия, на которых закреплены втулки 13, охватывающие нижний горизонтальный стержень, в верхних частях пил – отверстия, на краях которых закреплены планки 3, охватывающие направляющие плоские поверхности верхнего горизонтального стержня. Между направляющими установлены прокладки. Нижние передние по направлению подачи прокладки 16 выступают над направляющими 7. Выступающие части прокладок выполнены в виде лезвий ножей. За каждой пилой установлен нож 15, концы которого служат прокладками между направляющими для пил. При такой конструкции направляющие ножи всегда находятся в одних плоскостях с пилами. Для установки крайних направляющих на определенном расстоянии от базовых поверхностей плит и параллельно им располагаются разделительные втулки 17. Гайки 6 служат для выборки зазоров между направляющими 7 и прокладками и ориентирования направляющих параллельно базовым поверхностям плит 1.

Узел резания лесопильного станка работает следующим образом.

Кронштейны 14 поворачиваются на угол, соответствующий скорости подачи распиливаемого материала, для избежания скобления зубьями пил распиливаемого материала при холостом ходе. Рамные пилы 5, надеты на стержни 4 и 9, совершают возвратно-поступательное движение в направляющих 7. Планки 3, закрепленные на пиле, уменьшают удельное давление на стержень 4. При движении распиливаемого материала по выступающим частям прокладок 16 предотвращается его перебазирование в процессе пиления и уменьшаются боковые силы. Направляющие ножи 15 исключают зажим пил в пропиле и повышают точность движения распиливаемого материала.

Для уменьшения трения пил рабочие поверхности направляющих целесообразно выполнить в виде аэростатических опор.

Предварительные расчеты показывают, что лесопильный станок нового типа имеет следующие преимущества по сравнению с существующими лесопильными рамами того же назначения: снижаются габариты и металлоемкость в 2–3 раза; уменьшаются энергозатраты на 15...20 % и расход древесины в опилки на 30...40 %; обеспечивается получение пиломатериалов высокого качества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск: Вышэйш. шк., 1975. 303 с.
2. Прокофьев Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 240 с.

3. Прокофьев Г.Ф., Королев И.Ю. Расчет прогибов и жесткости нерастянутых рамных пил в направляющих методом Б.Г. Галеркина. Архангельск: ЦНИИМОД, 1983. 11 с. (Деп. во ВНИПИЭИлеспрое, 11.09.83, № 1132 Д).

4. Прокофьев Г.Ф., Королев И.Ю., Усачев В.Л. Исследование прогибов нерастянутых рамных пил в направляющих методом конечных элементов. Архангельск: ЦНИИМОД, 1983. 16 с. (Деп. во ВНИПИЭИлеспрое, 01.09.83, № 1096 Д).

5. Технологические режимы РПИ 6.1–00 «Подготовка рамных пил» / Г.Ф. Прокофьев. Архангельск: ЦНИИМОД, 1987. 40 с.

6. Экспериментальные исследования сил резания в двухэтажных лесопильных рамах серийных конструкций / С.М. Хасдан [и др.]. // Научн. тр. ЦНИИМОД. 1964. Вып. 18. С. 177–193.

Поступила 13.12.10

***G.F. Prokofiev, N.Yu. Miklovtsik, A.M. Tyurin***

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

### **Saw Machine with Nonstretched “Floating” Drag Saws Making Reciprocating Motion in Guides**

The conditions are revealed for accurate wood sawing by nonstretched drag saws making reciprocating motion in aerostatic guides. The machine parameters and its advantages are stated.

*Keywords:* accuracy of wood sawing, strength and durability of drag saws, accurate sawing conditions, saw guides, saw machine design, machine advantages.



УДК 630\*839

*О.Д. Мюллер<sup>1</sup>, В.И. Малыгин<sup>1</sup>, В.К. Любов<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Филиал «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного технического университета<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Мюллер Оскар Давыдович родился в 1948 г., окончил в 1973 г. Ленинградский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры океанотехники и энергетических установок филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного технического университета. Имеет 50 научных работ.  
E-mail: oscar@mail/ru



Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил в 1979 г. Университет дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИН РФ, проректор по научной работе филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет более 180 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.

E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



Любов Виктор Константинович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 190 публикаций в области совершенствования энергохозяйства промышленных предприятий.

Тел.: 8 (8182) 21-61-75



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ГРАНУЛ

Рассмотрена математическая модель тепловых процессов при производстве древесных гранул и проанализировано влияние некоторых конструктивных параметров технологического оборудования на качественные показатели гранулированного топлива.

*Ключевые слова:* отходы обработки и переработки древесины, древесная мука, пресс-гранулятор, матрица, фильера, древесные топливные гранулы (пеллеты), биотопливо, давление, температура.

Производство биотоплива из отходов обработки и переработки древесины за последние годы приобретает все больший размах. В настоящее время в России уже действуют более 100 заводов по производству древесных топливных гранул, выпускающих около 900 тыс. т гранул (пеллет) в год. При этом из них около 260 тыс. т идет на внутренний рынок, а остальное экспортируется в страны Западной Европы.

Древесные топливные гранулы в основном применяют для сжигания в автоматизированных котлах, технологические процессы, используемые в них, предъявляют высокие требования к качеству топлива. Качественные пеллеты – это ровные гранулы, без трещин, блестящие, хорошо спрессованные, имеющие высокую энергоемкость. Некачественные пеллеты – неоднородные гранулы, с трещинами, рассыпающиеся при транспортировке, с пониженной теплотой сгорания. Гладкая, блестящая, не имеющая трещин и вздутий поверхность гранул свидетельствует об их прочности и малом истирании. Высокая истираемость гранул может быть причиной потерь при обработке груза, повышения пожарной опасности, снижения их объемного веса, эффективности и надежности работы теплогенерирующего оборудования.

Целью настоящего исследования является определение основных факторов технологического процесса производства гранул, обеспечивающих их качественные показатели.

В общем виде процесс изготовления древесных гранул можно разбить на два следующих друг за другом этапа:

повышение плотности древесного сырья и давления в клиновом зазоре между цилиндрической поверхностью прессовочного ролика и поверхностью матрицы до плотности спрессованного материала  $\rho_n$  и давления прессования  $p_n$ ;

вырезание гранулы из спрессованного древесного материала, на что расходуется часть достигнутого давления прессования  $\Delta p_{ср}$ , и продавливание ее через фильеру матрицы, на которое расходуется давление  $p_{пр}$ .

На первом этапе прессовочный ролик, прокатываясь по поверхности матрицы, уплотняет находящуюся на ней древесную муку за счет пластической деформации измельченных частиц древесины. Работа по деформации древесных частиц превращается в конечном итоге в тепловую энергию, которая почти полностью идет на нагрев спрессованной древесной массы. Так как процесс прессования древесной муки является объемным, то и подвод теплоты к спрессованному материалу можно рассматривать как равномерный по всему объему от внутренних источников теплоты.

При достижении в слое уплотненной древесной муки давления  $p_n$ , превышающего давление вырезания и продавливания гранулы через фильеру матрицы, происходит вдавливание части спрессованной древесной муки в фильеру и проталкивание остальной части сформированной гранулы по ее каналу. На этом этапе пластические деформации отсутствуют, а вся работа по проталкиванию гранулы расходуется на преодоление работы сил трения гранулы о внутреннюю поверхность цилиндрического канала фильеры. Работа сил трения в конечном итоге превращается в тепловую энергию, которая подводится к сформированной грануле через ее цилиндрическую поверхность.

Если рассматривать под микроскопом поперечное сечение высококачественной гранулы, изготовленной без связующих добавок, то можно увидеть, что она состоит из плотно спрессованных кусочков древесного материала 1 (рис. 1), которые окружены застывшей лигниновой оболочкой 2. Именно застывшая цилиндрическая лигниновая оболочка придает прочностные характеристики изготовленным гранулам и защищает их от истирания и разрушения при транспортировке и хранении.

С одной стороны, лигниновая оболочка не должна быть очень тонкой, чтобы гранулы не истирались и не разрушались при хранении, транспортировке и перегрузках, с другой – не должна быть очень толстой, так как это затруднит их воспламенение и осложнит процессы горения в котлах малой мощности. Известно, что выделение лигнина из древесины без его термического разложения происходит при температуре 150...200 °С.

Из приведенного выше анализа видно, что процесс подвода теплоты к грануле через ее поверхность осуществляется на участке проталкивания гранулы через фильеру. Рассмотрим распределение температуры по толщине гранулы на выходе из фильеры.

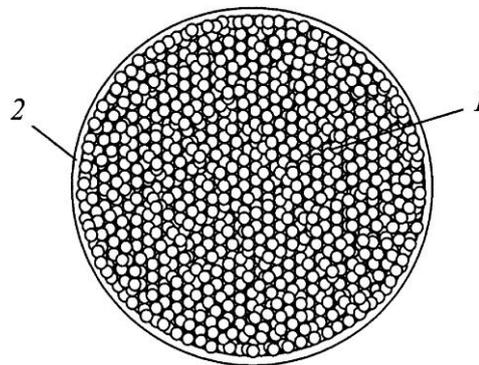


Рис. 1. Структура поперечного сечения древесной топливной гранулы: 1 – спрессованная сердцевина; 2 – лигниновая оболочка

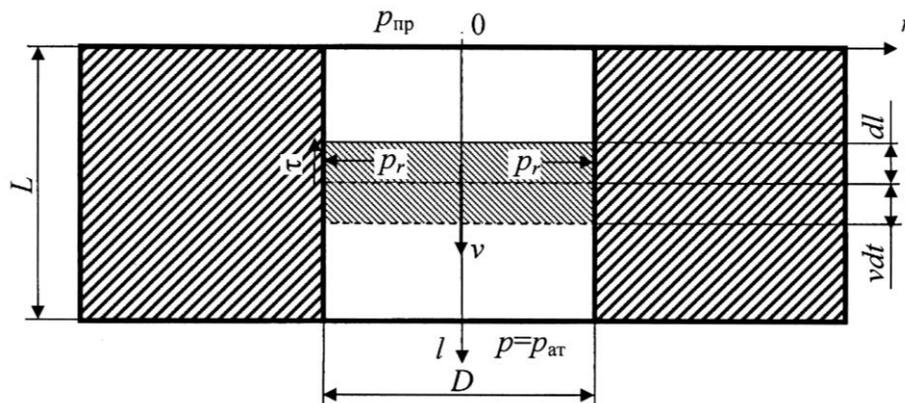


Рис. 2. Расчетная схема для определения работы по проталкиванию гранулы

Определим работу, затрачиваемую на проталкивание гранулы через матричный канал. Предположим, что гранула в матричном канале движется с некоторой средней скоростью  $v$ . В действительности гранула по каналу матрицы движется рывками во время прохождения прессовочного ролика над матричным каналом, и закон изменения ее скорости во времени близок к синусоидальному (похож на временной график силы тока после выпрямителя).

Выберем бесконечно малый промежуток времени  $dt$  и выделим бесконечно малый цилиндрический элемент гранулы диаметром  $D$  и толщиной  $dl = vdt$  (рис. 2).

Пусть плотность выделенного элемента  $\rho$ , а его масса

$$m = \frac{\rho \pi D^2 dl}{4}. \quad (1)$$

Так как процесс формирования гранулы является непрерывным (в виде бесконечного шнура), то и рассматривать происходящие в нем тепловые процессы следует как для бесконечно длинного цилиндра. Тепловые потоки в грануле распространяются только в радиальном направлении. На боковую цилиндрическую поверхность выделенного элемента действует касательное напряжение трения  $\tau$  и нормальное давление  $p_r$ . Так как выделенный элемент, в соответствии с допущением, движется с постоянной скоростью, то нормальные давления на его торцевых поверхностях при определении работы проталкивания не рассматриваются.

Выберем бесконечно малый промежуток времени  $dt$ . За это время выделенный элемент переместится на расстояние  $vdt = dl$  и при движении совершит работу трения

$$dA_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} vdt = \tau \pi D dl vdt. \quad (2)$$

Разделив правую и левую части уравнения (2) на  $dt$  и боковую поверхность выделенного элемента  $\pi D dl$ , а также учитывая тот факт, что работа сил трения превращается в теплоту, получим плотность теплового потока на поверхности гранулы:

$$q_{\text{п}} = \tau v. \quad (3)$$

Ранее было показано, что напряжение трения

$$\tau = k \varepsilon p_{\text{ат}} \exp\left(\frac{4k\varepsilon(L-l)}{D}\right). \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент трения поверхности гранулы о цилиндрическую поверхность фильеры;

$\varepsilon$  – коэффициент Пуассона для материала гранулы.

С учетом, что  $l = vt$ , получим

$$q_n = k\varepsilon p_{\text{ар}} \exp\left(\frac{4k\varepsilon(L - vt)}{D}\right). \quad (5)$$

Таким образом, имеется задача по расчету нестационарного поля температур в круглом цилиндре бесконечной длины с граничными условиями второго рода при переменном тепловом потоке на поверхности  $q_n = \varphi(t)$ .

Дифференциальное уравнение теплообмена для выделенного элемента цилиндра

$$\frac{\partial(r, t)}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 \theta(r, t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta(r, t)}{\partial r} \right), \quad (6)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $a = \frac{\lambda}{c\rho}$ ;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности;

$c$  – теплоемкость.

Начальное условие:

$$\theta(R, 0) = f(r) = \theta_0. \quad (7)$$

Граничные условия:

$$-\partial \theta(R, t) / \partial r + q_n / \lambda = 0; \quad (8)$$

$$\partial \theta(0, t) / \partial r = 0. \quad (9)$$

Решение уравнения (6) при начальном (7) и граничных (8) и (9) условиях принимает следующий вид\*:

$$\begin{aligned} \theta(r, t) = & \frac{2}{R^2} \int_0^R r f(r) dr + \frac{2a}{\lambda} \int_0^t q(t) dt + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right)}{J_0^2(\mu_n)} \exp(-\mu_n^2 Fo) \frac{2}{R^2} \int_0^R r f(r) J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) dr + \\ & + \frac{a}{\lambda} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right)}{J_0^2(\mu_n)} \exp(-\mu_n^2 Fo) \frac{2}{R} \int_0^t q(t) \exp\left(\mu_n \frac{at}{R^2}\right) dt, \end{aligned} \quad (10)$$

где  $\mu_n$  – корни характеристического уравнения  $J_0'(\mu) = J_1(\mu) = 0$ ; (11)

Fo – число Фурье.

Значения  $\mu_n$  для 10 первых членов ряда приведены в таблице.

### Корни характеристического уравнения $J_1(\mu) = 0$

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mu_n$	3,8317	7,0156	10,1735	13,3237	16,4706	19,6159	22,7601	25,9037	29,0468	32,1897

Вычислим входящие в уравнение (10) интегралы:

$$\frac{2}{R^2} \int_0^R r f(r) dr = \frac{2}{R^2} \int_0^R r \theta_0 dr = \theta_0; \quad (12)$$

\* Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высш. шк., 1967. 600 с.

$$\begin{aligned} \frac{2a}{\lambda} \int_0^t q(t) dt &= \frac{2a}{\lambda} \int_0^t k\varepsilon v p_{\text{ар}} \exp\left(\frac{4k\varepsilon}{D}(L-vt)\right) dt = \\ &= \frac{2ak\varepsilon v p_{\text{ар}} \exp\left(\frac{4k\varepsilon L}{D}\right)}{\lambda} \int_0^t \exp\left(-\frac{4k\varepsilon v}{D}t\right) dt = \frac{-aDp_{\text{ар}} \exp\left(\frac{4k\varepsilon L}{D}\right)}{2\lambda L} \left[ \exp\left(-\frac{4k\varepsilon v t}{D}\right) - 1 \right]; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\frac{2}{R^2} \int_0^R r f(r) J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) dr = \frac{2}{R^2} \int_0^R \theta_0 r J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) dr = \frac{2\theta_0}{\mu_n} J_1(\mu_n). \quad (14)$$

Так как  $\mu_n$  являются корнями уравнения (11), то уравнение (14) примет следующий вид:

$$\frac{2}{R^2} \int_0^R r f(r) J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) dr = \frac{2\theta_0}{\mu_n} J_1(\mu_n) = 0; \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \frac{2}{R^2} \int_0^t q(t) \exp\left(\mu_n \frac{at}{R^2}\right) dt &= \frac{2}{R} \int_0^t k\varepsilon v p_{\text{ар}} \exp\left(\frac{4k\varepsilon}{D}(L-vt)\right) \exp\left(\mu_n \frac{at}{R^2}\right) dt = \\ &= \frac{2k\varepsilon v p_{\text{ар}}}{R} \exp\left(\frac{2k\varepsilon L}{R}\right) \int_0^t \exp\left[\left(\mu_n \frac{a}{R^2} - \frac{2k\varepsilon v}{R}\right)t\right] dt = \\ &= \frac{p_{\text{ар}} \exp\left(\frac{2k\varepsilon L}{R}\right)}{\mu_n \frac{a}{2k\varepsilon v R} - 1} \left( \exp\left[\left(\mu_n \frac{a}{R^2} - \frac{2k\varepsilon v}{R}\right)t\right] - 1 \right). \end{aligned} \quad (16)$$

Подставим (12), (13), (15) и (16) в (10):

$$\begin{aligned} \theta(r,t) &= \theta_0 - \frac{aDp_{\text{ар}} \exp\left(\frac{4k\varepsilon L}{D}\right)}{2\lambda L} \left[ \exp\left(-\frac{4k\varepsilon v t}{D}\right) - 1 \right] + \\ &+ \frac{a}{\lambda} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right)}{J_0^2(\mu_n)} \exp(-\mu_n^2 Fo) \frac{p_{\text{ар}} \exp\left(\frac{2k\varepsilon L}{R}\right)}{\mu_n \frac{a}{2k\varepsilon v R} - 1} \left( \exp\left[\left(\mu_n \frac{a}{R^2} - \frac{2k\varepsilon v}{R}\right)t\right] - 1 \right). \end{aligned} \quad (17)$$

Данное уравнение позволяет определить температуру в любой точке выделенного цилиндрического элемента гранулы от момента входа его в фильеру до выхода из нее. Для практических исследований представляет интерес температура поверхности гранулы на выходе из фильеры, т. е. при  $r = R$ .

Если площадь поверхности матрицы, обкатываемой прессовочным роликом  $S_{\text{ср}}$ , количество фильер  $N$ , число прессовочных роликов  $z$ , а число оборотов водила роликов в минуту  $n$ , то секундная производительность фильеры по сформированной грануле

$$V_1 = \frac{\pi n}{30N} z S_{\text{ср}} h_{\text{ср}}, \quad (18)$$

где  $h_{\text{cp}}$  – толщина вырезаемого слоя спрессованной древесной муки.

Так как объем фильеры  $V_f = \pi D^2 L / 4$ , то время прохождения выделенного элемента через фильеру

$$t_0 = \frac{V_f}{V_1} = \frac{7,5ND^2L}{nzS_{\text{cp}}h_{\text{cp}}}. \quad (19)$$

Средняя скорость выпрессовки гранулы

$$v = \frac{L}{t_0} = \frac{nzS_{\text{cp}}h_{\text{cp}}}{7,5ND^2}. \quad (20)$$

Запишем число Фурье для данного случая:

$$Fo = \frac{at_0}{R^2} = \frac{4at_0}{D^2}. \quad (21)$$

Таким образом, температура поверхности гранулы на выходе из фильеры:

$$\theta(R, t_0) = \theta_0 + \frac{2ap_{\text{ар}}k\epsilon L}{\lambda} \left( 1 + \frac{2}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{J_0(\mu_n)} \exp(-\mu_n^2 Fo) \frac{1}{\mu_n Fo} [\exp(\mu_n Fo) - 1] \right). \quad (22)$$

Полученное уравнение (22) позволяет с учетом начальной температуры древесной муки определить температуру поверхности древесной топливной гранулы на выходе из фильеры матрицы по геометрическим характеристикам фильер и прессовочных роликов гранулятора.

Знание температуры поверхности гранулы и характера ее распределения в поверхностном слое позволит определить основные геометрические характеристики прессов-грануляторов и параметры технологического процесса гранулирования для получения качественного биотоплива.

### Выводы

1. Получены теоретические зависимости, позволяющие определить распределение температуры по радиусу древесной гранулы на всем пути ее продвижения по фильере. Знание температурного поля в грануле позволит определить начало выделения лигнина и образования лигниновой оболочки вокруг гранулы, а также ее толщину.

2. Данные теоретического анализа позволяют уточнить направления экспериментальных исследований для определения основных параметров процесса, обеспечивающих получение древесных гранул заданного качества. Для проверки обоснованности допущений, принятых при проведении теоретического анализа, необходимо провести ряд экспериментальных исследований

Поступила 01.02.11

*O.D. Myuller<sup>1</sup>, V.I. Malign<sup>1</sup>, V.K. Lyubov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>«Sevmashvtuz» Branch of Saint-Petersburg State Marine Technical University

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

### **Determination of Technological Surface Temperature of Wood Pellets**

A mathematical model of heat processes employed to produce wood pellets has been considered. The influence of some technological equipment design parameters on qualitative indices of pellet fuel has been analyzed.

*Keywords:* timber processing waste, wood flour, press granulator, die, wood pellets, biofuel, pressure, temperature.

---

---

УДК 621.933.6

**С.П. Агеев**

Филиал «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета

Агеев Сергей Петрович родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем технической подготовки производства филиала «Севмашвтуз» СПбГМТУ. Имеет более 60 научных работ в области электроснабжения промышленных предприятий.  
Тел.: 8 (8184) 20-03-57



## ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

Предложена математическая модель лесопильной рамы как системы массового обслуживания, проанализировано влияние различных видов потерь на коэффициенты использования лесопильных рам в течение рабочего времени.

*Ключевые слова:* коэффициенты использования, система массового обслуживания, дифференциальные уравнения, вероятности состояния, среднечасовая производительность лесопильных рам.

Как известно, среднесменная производительность  $A_k$  лесопильных рам (ЛР), а значит, и среднее значение удельного расхода электроэнергии (УРЭ) за смену зависят от длительности рабочих циклов, а также цикловых и внецикловых потерь времени. Эти зависимости учитываются с помощью коэффициентов использования ЛР во времени, связанных между собой следующим соотношением [4]:

$$K = K_o K_n, \quad (1)$$

где  $K$  – полный коэффициент использования ЛР во времени;

$K_o$  и  $K_n$  – коэффициенты использования в операционном и календарном времени.

К цикловым относятся потери времени на холостые ходы, присутствующие в рабочих циклах ЛР, когда непосредственная распиловка бревен не производится. В [1] показано, что продолжительность распиловки бревен и длительность холостых ходов следует рассматривать как случайные величины со своими законами распределения.

При анализе производительности лесопильного оборудования обычно выделяют два вида внецикловых потерь [6]: технические потери, связанные с режимом работы оборудования (потери от инструмента, ремонта и регулирования механизмов и устройств и др.); организационные потери, функционально не связанные с режимом работы (отсутствие бревен, простой линии вследствие несвоевременной уборки материала, брак предыдущих операций, обнаруженный при обработке и т.д.).

Продолжительное наблюдение за работой лесопильного оборудования показывает, что в процессе длительной эксплуатации потеря его работоспособности происходит в результате появления отказов. Степень изношенности оборудования не исключает характер случайности появления отказов, если рассматривать оборудование в каждый отдельный период времени между очередными плановыми ремонтами. Простои, связанные с техническими отказами, обусловлены надежностью функционирования узлов и деталей ЛР. Поток случайных отказов лесопильного оборудования характеризуется показателем среднего количества отказов в единицу времени

и в течение межремонтного периода определяется интенсивностью отказов  $\lambda$ . Эта величина не остается постоянной в течение всего времени эксплуатации лесопильного оборудования, а изменяется по типичной кривой, приведенной в [5].

Длительности любых простоев ЛР являются случайными величинами, так как зависят от совместного действия большого числа факторов. Характерной особенностью процессов деревообработки является то, что в них постоянно проявляется действие различных случайных факторов. Влияние тех или иных видов потерь на коэффициенты использования ЛР может быть исследовано методами теории вероятностей. Это позволит учитывать ряд случайностей, более обоснованно проводить планирование и организацию работы лесопильного оборудования.

В настоящей работе рассматривается один из способов учета влияния видов потерь времени на коэффициенты использования ЛР и ее среднесменную производительность, использующий методы математической теории массового обслуживания [2].

Имеем лесопильную раму как систему массового обслуживания (СМО). Работа такой СМО характеризуется тем, что в ней протекает случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем. Этот процесс состоит в том, что ЛР как СМО с течением времени случайным образом изменяет свое состояние.

Рассмотрим работу ЛР на протяжении рабочей смены, когда она в любой момент времени может находиться только в одном из четырех возможных состояний:

$E_1$  – ЛР занята распиловкой очередного бревна;

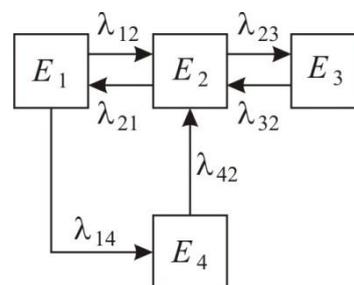
$E_2$  – ЛР находится в режиме холостого хода;

$E_3$  – ЛР остановлена для проведения необходимых ремонтных работ по заранее составленному плану или по организационным причинам (организационно-технические простои);

$E_4$  – ЛР остановлена для проведения ремонтных работ и непредусмотренных техническими условиями регулировочных мероприятий, возникших в результате внезапного отказа оборудования.

Обозначим вероятности этих состояний в момент времени  $t$ :  $P_1(t)$ ,  $P_2(t)$ ,  $P_3(t)$  и  $P_4(t)$  соответственно. Случайный процесс с дискретными состояниями удобно интерпретировать с помощью размеченного графа состояний (см. рисунок).

Размеченный граф состояний лесопильной рамы



В этом случае процесс удобно представить как блуждание системы (ЛР) по этому графу с мгновенными переходами из состояния в состояние по соответствующей стрелке, происходящими в случайные моменты времени под действием потоков событий с постоянными интенсивностями  $\lambda_{ij}$ . Для рассматриваемой модели ЛР как СМО эти интенсивности определяют следующим образом:

$$\lambda_{12} = 1/T_{12}; \lambda_{14} = 1/T_{14}; \lambda_{23} = 1/T_{23}; \lambda_{21} = 1/T_{21}; \lambda_{42} = 1/T_{42}; \lambda_{32} = 1/T_{32},$$

где  $T_{12}$  – среднее время распиловки одного бревна, ч;

$T_{14}$  – среднее время между двумя последовательными отказами (время наработки на отказ), ч;

$T_{23}$  – среднее время между двумя переналадками, вызванными плановыми остановками ЛР, ч;

$T_{21}$  – среднее время холостого хода (межторцового разрыва), ч;

$T_{42}$  – средняя длительность простоя, вызванного внезапным отказом, ч;

$T_{32}$  – средняя длительность переналадки, ч.

Все указанные длительности могут быть получены на практике в результате статистической обработки данных, взятых из производственных журналов.

Составим дифференциальные уравнения для всех вероятностей состояний ЛР. Тогда вероятность  $P_1(t + \Delta t)$  того, что в момент времени  $(t + \Delta t)$  лесопильная рама будет находиться в состоянии  $E_1$  (распиловка очередного бревна), равна (с точностью до бесконечно малых более высокого порядка, чем  $\Delta t$ ) сумме следующих вероятностей:

вероятности того, что ЛР в момент времени  $t$  была занята распиловкой этого бревна и за время  $\Delta t$  распиловка не закончилась, т.е.

$$P_1(t) (1 - (\lambda_{12} + \lambda_{14}) \Delta t);$$

вероятности того, что ЛР в момент времени  $t$  находилась в режиме холостого хода и за время  $\Delta t$  этот режим закончился, т.е.

$$P_2(t) \lambda_{21} \Delta t.$$

Отсюда

$$P_1(t + \Delta t) = P_1(t) (1 - (\lambda_{12} + \lambda_{14}) \Delta t) + P_2(t) \lambda_{21} \Delta t.$$

Переносим  $P_1(t)$  в левую часть равенства, делим на  $\Delta t$  и переходя к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$ , получаем дифференциальное уравнение

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -P_1(t) (\lambda_{12} + \lambda_{14}) + P_2(t) \lambda_{21}.$$

Вероятность  $P_2(t + \Delta t)$  того, что в момент времени  $(t + \Delta t)$  лесопильная рама будет находиться в состоянии  $E_2$  (режим холостого хода) равна сумме следующих вероятностей:

вероятности того, что ЛР в момент времени  $t$  была занята распиловкой очередного бревна, и за время  $t$  наступил межторцовый разрыв между бревнами, т.е.

$$P_1(t) \lambda_{12} \Delta t;$$

вероятности того, что ЛР в момент времени  $t$  уже находилась в режиме холостого хода и за время  $\Delta t$  этот режим не закончился, т.е.

$$P_2(t) (1 - (\lambda_{21} + \lambda_{23}) \Delta t);$$

вероятности того, что ЛР в момент времени  $t$  находилась в состоянии  $E_3$  (была остановлена по организационно-техническим причинам) и за время  $\Delta t$  причина остановки была устранена, а ЛР включена для приема очередного бревна, т.е.

$$P_3(t) \lambda_{32} \Delta t;$$

вероятности того, что ЛР в момент времени  $t$  находилась в состоянии  $E_4$  (была остановлена для проведения ремонтных работ и непредусмотренных техническими условиями регулировочных мероприятий, возникших в результате внезапного отказа оборудования) и за время  $\Delta t$  причина остановки была устранена, а ЛР включена для приема очередного бревна, т.е.

$$P_4(t) \lambda_{42} \Delta t.$$

Таким образом,

$$P_2(t + \Delta t) = P_1(t) \lambda_{12} \Delta t + P_2(t) (1 - (\lambda_{21} + \lambda_{23}) \Delta t) + P_3(t) \lambda_{32} \Delta t + P_4(t) \lambda_{42} \Delta t,$$

откуда после преобразования

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = P_1(t) \lambda_{12} + P_3(t) \lambda_{32} + P_4(t) \lambda_{42} - P_2(t) (\lambda_{21} + \lambda_{23}).$$

Аналогичные дифференциальные уравнения имеют место и для других состояний:

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = P_2(t) \lambda_{23} - P_3(t) \lambda_{32}; \quad \frac{dP_4(t)}{dt} = P_1(t) \lambda_{14} - P_4(t) \lambda_{42}.$$

Для стационарного режима поточной линии вместо системы дифференциальных уравнений получим систему алгебраических уравнений, так как все производные будут равны нулю:

$$\begin{aligned} 0 &= -P_1 (\lambda_{12} + \lambda_{14}) + P_2 \lambda_{21}; \\ 0 &= P_1 \lambda_{12} + P_3 \lambda_{32} + P_4 \lambda_{42} - P_2 (\lambda_{21} + \lambda_{23}); \\ 0 &= P_2 \lambda_{23} - P_3 \lambda_{32}; \\ 0 &= P_1 \lambda_{14} - P_4 \lambda_{42}. \end{aligned}$$

Выразим все вероятности  $P_i$  ( $i = 2, 3, 4$ ) через вероятность  $P_1$ , а второе уравнение заменим на нормировочное  $\sum_{i=1}^4 P_i = 1$ .

Тогда

$$P_2 = \frac{\lambda_{12} + \lambda_{14}}{\lambda_{21}} P_1 = a_2 P_1; \quad P_3 = \frac{\lambda_{23}}{\lambda_{32}} P_2 = \frac{\lambda_{23}}{\lambda_{32}} a_2 P_1 = a_3 P_1; \quad P_4 = \frac{\lambda_{14}}{\lambda_{42}} P_1 = a_4 P_1;$$

$$\sum_{i=1}^4 P_i = P_1 + a_2 P_1 + a_3 P_1 + a_4 P_1 = 1.$$

Отсюда

$$P_1 = \frac{1}{1 + a_2 + a_3 + a_4}.$$

Вероятность  $P_i$  состояния ЛР в установившемся режиме работы поточной линии можно трактовать как среднее относительное время пребывания ЛР в состоянии  $E_i$  [5]. Для нашего случая

$$P_1 = \frac{T_э}{T_к}; \quad P_2 = \frac{T_в}{T_к}; \quad P_3 = \frac{T_{н1}}{T_к}; \quad P_4 = \frac{T_{н2}}{T_к},$$

где  $T_{н1}$ ,  $T_{н2}$  – среднее время нахождения ЛР в состояниях  $E_3$  и  $E_4$  соответственно в течение календарного времени  $T_к$ .

Согласно [4], коэффициенты использования ЛР во времени

$$K_n = P_1 + P_2; \quad K_o = P_1 / (P_1 + P_2); \quad K = P_1. \quad (2)$$

Среднечасовая производительность ЛР за рабочую смену

$$A_к = K A_э = P_1 A_э, \quad (3)$$

где  $A_э$  – среднечасовая производительность ЛР за эффективное время [3].

Практическая значимость формул (2), (3) состоит в том, что они позволяют определить коэффициенты использования ЛР через вероятности ее состояний, которые зависят от параметров режима работы ЛР. Изменяя последние, можно получить вероятностное распределение среднечасовой производительности и УРЭ ЛР за смену в зависимости от того или иного фактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агеев С.П.* Математическое моделирование процессов распиловки древесины //Изв. СПб ЛТА. Вып. 179. С. 142–152.
2. *Агеев С.П.* Повышение энергетической эффективности производства пилопродукции: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Архангельск, 2011. 37 с.
3. *Агеев С.П.* Показатели энергоиспользования лесопильных рам//Лесн. журн. 2009. № 3. С. 131–138. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Агеев С.П.* Энергетические режимы работы окорочных станков//Лесн. журн. 2007. № 4. С. 104–111. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Бызов В.И., Иванищев Ю.П.* Надежность лесопильного оборудования. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 128 с.
6. *Калитеевский Р.Е.* Автоматизация производственных процессов в лесопилении. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 336 с.

Поступила 23.03.11

***S.P. Ageev***

«Sevmashvtuz» Branch of Saint-Petersburg Stat Marine Technical University

**Probability Modelling of a Vertical Frame Saw Performance**

A mathematical model of a saw frame as a mass servicing system has been proposed. The impact of different types of losses on the coefficients of saw frames performance during working hours has been analyzed.

*Keywords:* utilization coefficient, mass servicing system, differential equations, probability of the state, average hourly productivity of saw frames.



## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 543.3

*Т.В. Ермолина, А.М. Айзенштадт, М.В. Богданов, Л.В. Гусаков*

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

Ермолина Татьяна Валентиновна родилась в 1983 г., окончила в 2006 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры композиционных материалов и строительной экологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, заместитель начальника отдела химико-технологического контроля и мониторинга ФГУ «Двинарегионводхоз». Имеет 1 печатную работу в области экоаналитики.

Тел.: 8-921-291-78-95



Айзенштадт Аркадий Михайлович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, профессор, заведующий кафедрой композиционных материалов и строительной экологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 150 печатных работ в области физикохимии растворов, химии растительных полимеров, экоаналитики.

E-mail: aizenstadt@agtu.ru



Богданов Михаил Владиславович родился в 1964 г., окончил в 1986 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 80 печатных трудов в области физикохимии растворов, электрохимии.

E-mail: bmvicha@atknet.ru



Гусаков Леонид Вячеславович родился в 1947 г., окончил в 1969 г. Архангельский лесотехнический институт, начальник научно-исследовательского сектора, доцент кафедры теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 20 печатных трудов в области теории растворов и физико-химического анализа многокомпонентных систем.

Тел.: 8 (8182) 20-17-42



### **ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦБП (НА ПРИМЕРЕ р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА)**

Рассмотрены показатели, используемые для оценки влияния сбросов предприятий ЦБП на поверхностные воды; показана возможность использования оксредметрии для определения лигнинных веществ в поверхностных водах в зоне влияния предприятий ЦБП.

*Ключевые слова:* поверхностные воды, ЦБП, лигнинные вещества, ХПК, реакционная способность.

Химический состав воды р. Северная Двина формируется под воздействием физико-географических условий и хозяйственной деятельности человека, причем доля антропогенного воздействия на качество природных вод в отдельных районах является доминирующим фактором [7]. Наличие природных ресурсов определяет концентрацию предприятий химико-лесного комплекса в бассейне р. Северная Двина. В главном ее русле и на притоках расположены 6 крупных целлюлозно-бумажных комбинатов: Сокольский и Сухонский ЦБК (р. Сухона, Вологодская область), Сыктывкарский ЛПК (р. Юг, Республика Коми), Котласский ЦБК (р. Вычегда, Архангельская область), Архангельский и Соломбальский ЦБК (р. Северная Двина, Архангельская область) [12]. Стоки ЦБП отличаются многообразием и сложностью состава химических соединений. Так, например, только отбелка целлюлозы

сопровождается образованием сотен хлорорганических соединений различной химической природы с широким диапазоном молекулярных масс и отличающихся по физико-химическим свойствам. Поэтому стоки ЦБП сложны для контроля и нормирования [10].

Основными проблемами при планировании мониторинга качества поверхностных вод в зоне предприятий ЦБП являются выбор репрезентативных показателей, позволяющих определить влияние именно предприятий отрасли на водный объект, и подбор корректных методик, дающих возможность количественной оценки этого влияния. В настоящее время в системе водного мониторинга для оценки влияния ЦБП используется целый ряд показателей, среди которых в качестве интегральных можно рассматривать ХПК, БПК<sub>5</sub> и содержание лигнинных веществ.

Показатели БПК<sub>5</sub> и ХПК служат косвенными критериями для определения самоочищающей способности воды водоприемника сточных вод от суммы легко и трудно биологически окисляемых веществ. Показатель БПК<sub>5</sub> для сточных вод сегодня играет вспомогательную роль, так как результат анализа может быть получен только через 5 сут, т.е. отсутствует возможность оперативного контроля и управления процессом очистки. Следует обращать в первую очередь внимание на те обобщенные показатели, определение которых занимает минимум времени, а анализ характеризуется высокой точностью [9].

По данным отдела химико-технологического контроля и мониторинга (ХТКиМ) ФГУ «Двинарегионводхоз» ХПК воды устьевой части р. Северная Двина и ее притоков наиболее часто находится в диапазоне 30...40 мг О<sub>2</sub>/л, погрешность определения составляет 3...4 мг О<sub>2</sub>/л. При таком незначительном разбросе значений ХПК невозможно установить обусловлено ли изменение концентрации трудноокисляемой органики по ХПК влиянием предприятий ЦБП или погрешностью измерений. При концентрации трудноокисляемой органики в пробе выше 50 мг О<sub>2</sub>/л методикой предусматривается разбавление пробы, что вносит дополнительную погрешность [6, 8].

Диаграмма на рис. 1 построена на основе данных, полученных в результате анализа проб, отбираемых отделом ХТКиМ ежегодно в послепаводковый период, когда происходит значительный сток загрязненных талых вод с прилегающих территорий. Постоянно высокое значение ХПК – явление, достаточно характерное для водных объектов поверхностных вод бассейна р. Северная Двина в силу высокой заболоченности территории и наличия обширных лесных массивов на водосборах большинства рек, что позволяет сделать вывод о фоновом характере высокого содержания трудноокисляемой органики в поверхностных водах. Гуминовые кислоты, фульвокислоты, водорастворимый природный лигнин – родственные высокомолекулярные соединения. Именно эта группа веществ определяет естественный фон северных рек и может оказывать существенное влияние на точность и достоверность методов количественного определения ряда показателей, характеризующих влияние стоков ЦБП на качество природных вод [4]. В поверхностных водах с таким значительным фоновым содержанием органических веществ сложно проследить антропогенное влияние, в том числе негативное воздействие предприятий химико-лесного комплекса.

Р. Малая Северная Двина образована слиянием р. Сухона и Юг, которые и оказывают основное влияние на формирование ее качественного состава. По мере продвижения водного потока концентрация трудноокисляемой органики по ХПК должна постоянно увеличиваться, так как на протяжении всего течения на водоток оказывают влияние расположенные по берегам предприятия ЦБП. Из диаграммы, приведенной на рис. 1, видно, что такой четкой зависимости нет.

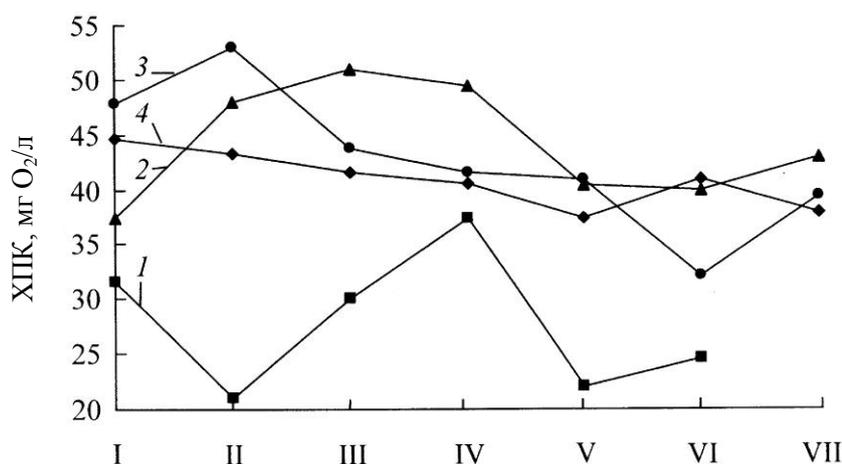


Рис. 1. Изменение концентрации трудноокисляемой органики (по ХПК) по течению реки в послепаводковый период: 1 – 2006 г.; 2 – 2007 г.; 3 – 2008 г.; 4 – 2009 г.; I – р. Сухона, г. В. Устюг; II – впадение р. Юг, п. Кузино; III – р. М. Северная Двина, п. Приводино; IV – р. Северная Двина, г. Котлас, V – р. Северная Двина, выше АЦБК, VI – р. Северная Двина, ниже АЦБК, VII – р. Северная Двина, железнодорожный мост (г. Архангельск)

В пробах воды, отобранных на Северной Двине, в районе железнодорожного моста (г. Архангельск), содержание трудноокисляемой органики по ХПК примерно соответствует уровню значений, определенных в районе г. Котласа. Состав водного потока р. Северная Двина формируется в основном в ее верховье, процессы самоочищения ввиду особых климатических условий протекают с незначительной скоростью. Таким образом, основной поток органических веществ, сформировавшийся на территории Вологодской области, доходит до Архангельска в практически неизменном состоянии [1]. Это указывает на то, что при таком высоком содержании органических веществ природного происхождения, используя показатель ХПК и применяемую для его определения методику, невозможно четко определить степень влияния на поверхностные воды органических веществ техногенного происхождения.

Один из наиболее целесообразных параметров контроля качества поверхностных вод в зоне влияния предприятий химико-лесного комплекса – лигнинные вещества (ЛВ). Степень экологической опасности ЛВ обусловлена их различной устойчивостью в природных водоемах. При разложении лигнина в водоеме в качестве промежуточных продуктов образуются токсичные вещества. Установлено, что основным фактором, оказывающим влияние на повышение токсичности ЛВ, является способность к окислению, инициируемая солнечной радиацией, содержащимся в воде растворенным кислородом и ионами тяжелых металлов высшей степени окисления, а также микробиологическими и растительными ферментными системами. Вторичное проявление токсичности лигносодержащих соединений может состоять в том, что на их окисление расходуется растворенный в воде кислород, от содержания которого во многом зависит общее состояние водоема [4, 5].

В настоящее время в целлюлозных производствах доминирует сульфатный способ, основанный на способности нативного лигнина образовывать с щелочными реагентами растворимые производные. Несмотря на это, в действующих программах

мониторинга организаций, осуществляющих наблюдение за состоянием поверхностных вод, используется лигносульфонат натрия или лигносульфоновые кислоты. Получаемый результат относят к концентрации лигносульфонатов даже в тех случаях, когда вблизи водоема нет никаких сульфит-целлюлозных заводов – источников лигносульфоновых кислот [3].

При использовании стандартной методики определения лигносульфоната натрия мешают присутствующие в растворе фенолы и амины, органические вещества природных вод: гуминовые соединения и фульвокислоты, танины, которые могут вносить существенную погрешность в результаты определения лигнинных веществ техногенного происхождения [2, 4, 11]. Таким образом, применяемая методика не позволяет производить раздельное определение ЛВ природного и техногенного происхождения при их совместном присутствии [4].

К настоящему времени разработано большое число методов анализа, но ни один из них не является полностью универсальным. Основные причины этого: многообразие видов лигнифицированных материалов, различия в составе не только разных пород растительных материалов, но и одной и той же породы в зависимости от возраста, района произрастания [4]. Таким образом, в силу объективных и практически неустраняемых причин не существует идеального метода определения лигнинных соединений как в твердых, так и в жидких средах. Применяемые методы должны быть адаптированы к конкретным объектам анализа. Они предполагают использование усредненных образцов лигнинных соединений и подбор условий их определения по выбранной методике [11].

Функциональные группы лигнина способны к обратимому окислительно-восстановительному взаимодействию. В связи с тем, что лигнин обладает хорошо выраженной способностью к окислению, основная физико-химическая характеристика лигнинных веществ, которая должна быть положена в основу методики их определения, – окислительно-восстановительный потенциал, характеризующий редокс-состояние и реакционную способность. Правильность такого подхода уже доказана авторами [12], которые разработали способ определения концентрации лигнинных веществ в сточных водах ЦБП. Однако развитие этого научного направления должно быть связано с установлением особенностей использования оксидометрии для разработки способа анализа лигнинных веществ в поверхностных водах зоны деятельности предприятий ЦБП.

Исследования, проведенные нами, показали, что присутствующие компоненты анализируемых проб способны окисляться окислительно-восстановительной системой (медиатором) на основе цианокомплексов железа, причем существует четкая линейная зависимость между концентрацией присутствующих веществ и изменением потенциала  $\Delta\varphi$ . На рис. 2, 3 представлена динамика изменения потенциала медиатора во времени при контакте с анализируемой пробой и корреляционная зависимость между изменением потенциала  $\Delta\varphi$  и концентрацией загрязняющих веществ (объем пробы), присутствующих в воде р. Северная Двина.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Используемые в настоящее время интегральные показатели качества (ХПК, БПК<sub>5</sub>) не дают возможности оценить техногенное влияние предприятий ЦБП на качество воды р. Северная Двина.

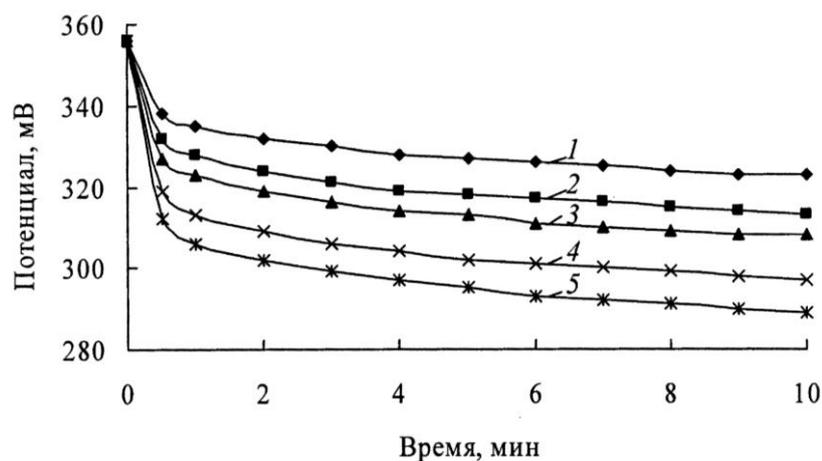


Рис. 2. Динамика изменения потенциала медиатора при разном объеме пробы, мл: 1 – 5; 2 – 8; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20

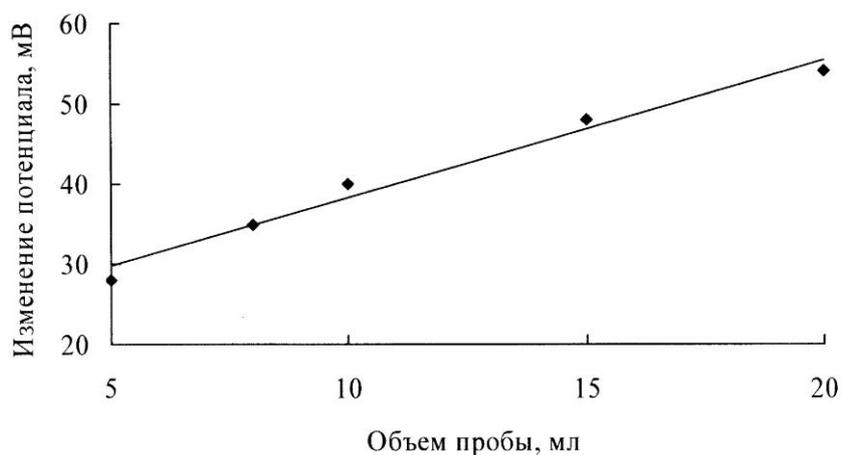


Рис. 3. Зависимость изменения потенциала от концентрации присутствующих веществ (объема пробы) ( $R^2 = 0,9782$ )

2. Методы определения лигнинных веществ, применяемые для мониторинга качества р. Северная Двина, не совсем корректны.

3. Исследования, направленные на разработку способов количественной оценки содержания лигнинных веществ в поверхностных водах в зоне действия предприятий химической переработки древесины, являются актуальными.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголицын К.Г., Кузнецов В.С., Попова Н.Р. Анализ и математическая оценка современного гидрохимического состояния реки Северной Двины // Экология Северной Двины. Архангельск: Изд. дом «Элпа», 1999. С. 96–110.

2. М-МВИ-28–98. Методика выполнения измерений массовой концентрации лигно-сульфоната натрия в природной воде фотометрическим методом. С.-Петербург, 1998. 10 с.
3. Обзор методов определения лигнинов в жидких средах / Ю.Г. Хабаров, Т.Ф. Личутина, О.С. Бровко, Л.Н. Парфенова // Материалы науч.-практ. конф. Архангельск, 2003. С. 33–36.
4. Оптимизация нормирования сброса стоков предприятий ЦБП в водотоки / Т.Ф. Личутина, И.В. Мискевич, О.С. Бровко, М.А. Гусакова. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 210 с.
5. Особенности определения лигнинных веществ в природных водах в бассейне реки Северная Двина / Т.Ф. Личутина, Л.Н. Парфенова, И.В. Мискевич, О.С. Бровко // Материалы науч.-практ. конф. Архангельск, 2003. С. 37–43.
6. ПНДФ 14.1:2.100–97. Методика выполнения измерений ХПК в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. М., 2004. 14 с.
7. Пуканов С.И., Оленичева А.В. Государственный мониторинг загрязнения поверхностных вод в бассейне Северной Двины // Экология Северной Двины. Архангельск: Изд. дом «Элпа», 1999. С. 80–85.
8. РД 52.24.421–2007. ХПК в водах. Методика выполнения измерений титриметрическим методом. Ростов-на-Дону, 2007. 22 с.
9. Тимофеева С.С., Бейм А.М. Экспресс-определение БПК<sub>5</sub> сточных вод сульфатно-целлюлозного производства // Бум. пром-сть, 1991. № 6–7. С. 11–12.
10. Троянская А.Ф. Научные основы и актуальность технологического нормирования хлорорганических соединений в целлюлозно-бумажной промышленности // Материалы науч.-практ. конф. Архангельск, 2003. С. 18–21.
11. Хабаров Ю.Г. Методы определения лигнинов // Лесн. журн. 2004. № 4. С. 86–102. (Изв. высш. учеб. заведений).
12. Шинкарук А.А. Использование оксидометрии для аналитического контроля сточных вод предприятий ЦБП: дис. ... канд. хим. наук. Архангельск, 2008. 113 с.

Поступила 01.12.10

*T.V. Ermolina, A.M. Aisenshtadt, M.V. Bogdanov, L.V. Gusakov*  
Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov

### **Integral Indices of Surface Water Quality in Operating Zone of Pulp-and-Paper Mill based on Example of the Northern Dvina**

The indices used for assessment of the effect of pulp-and-paper mill wastes on the surface waters are analyzed. The possibility of applying oxredmetria for determination of lignin substances in the surface waters within the influence zone of pulp-and-paper mills is demonstrated.

*Keywords:* surface waters, pulp-and-paper mill, lignin substances, COD, reactivity.

УДК 676.76

**И.В. Лавров<sup>1</sup>, Ю.В. Севастьянова<sup>2</sup>, В.И. Комаров, Д.А. Дулькин<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ООО «Сухонский ЦБК»<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова<sup>3</sup>ООО «Управляющая компания «Объединенные бумажные фабрики»

Лавров Игорь Валентинович родился в 1986 г., окончил в 2008 г. Архангельский государственный технический университет, ведущий инженер-технолог ООО «Сухонский ЦБК». Имеет ряд статей в области производства высококачественной бумаги для гофрирования из макулатуры.

E-mail: ig.lavrov@yandex.ru



Севастьянова Юлия Вениаминовна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 20 печатных работ в области различных способов делигнификации древесины.

E-mail: y-sevastyanova@yandex.ru



Дулькин Дмитрий Александрович родился в 1966 г., окончил в 1986 г. Высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана, доктор технических наук, генеральный директор ООО «Управляющая компания «Объединенные бумажные фабрики». Имеет более 80 научных трудов в области переработки макулатуры.

E-mail: dmdulkin@yandex.ru



## **ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИИ ПО ВОЛОКНУ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ БУМАГИ ДЛЯ ГОФРИРОВАНИЯ**

Исследовано влияние основных технологических факторов на физико-механические показатели бумаги для гофрирования из смеси макулатуры МС-5Б и нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы. Установлены оптимальные значения основных технологических факторов: содержания НСПЦ в композиции, степени помола НСПЦ, степени помола длинно- и коротковолокнистых фракций макулатурного сырья.

*Ключевые слова:* макулатура, длиноволокнистая фракция, коротковолокнистая фракция, нейтрально-сульфитная листовая полуцеллюлоза, степень помола, разрывная длина.

Переработчики макулатурного сырья отмечают снижение его качества и достаточно высокую нестабильность характеристик качества (коэффициент вариации значительно превышает 5 %) [1, 2].

Одним из путей решения проблемы сохранения и повышения качества готовой продукции в этих условиях является подбор сравнительно недорогого первичного полуфабриката и использование его в композиции совместно с макулатурным сырьем. Другой путь – постоянная модернизация производства с внедрением научно-технических достижений.

Цель данной работы – исследование возможности повышения физико-механических характеристик бумаги для гофрирования (флютинга) на основе макулатуры путем добавления в композицию первичного полуфабриката и оптимизации технологии.

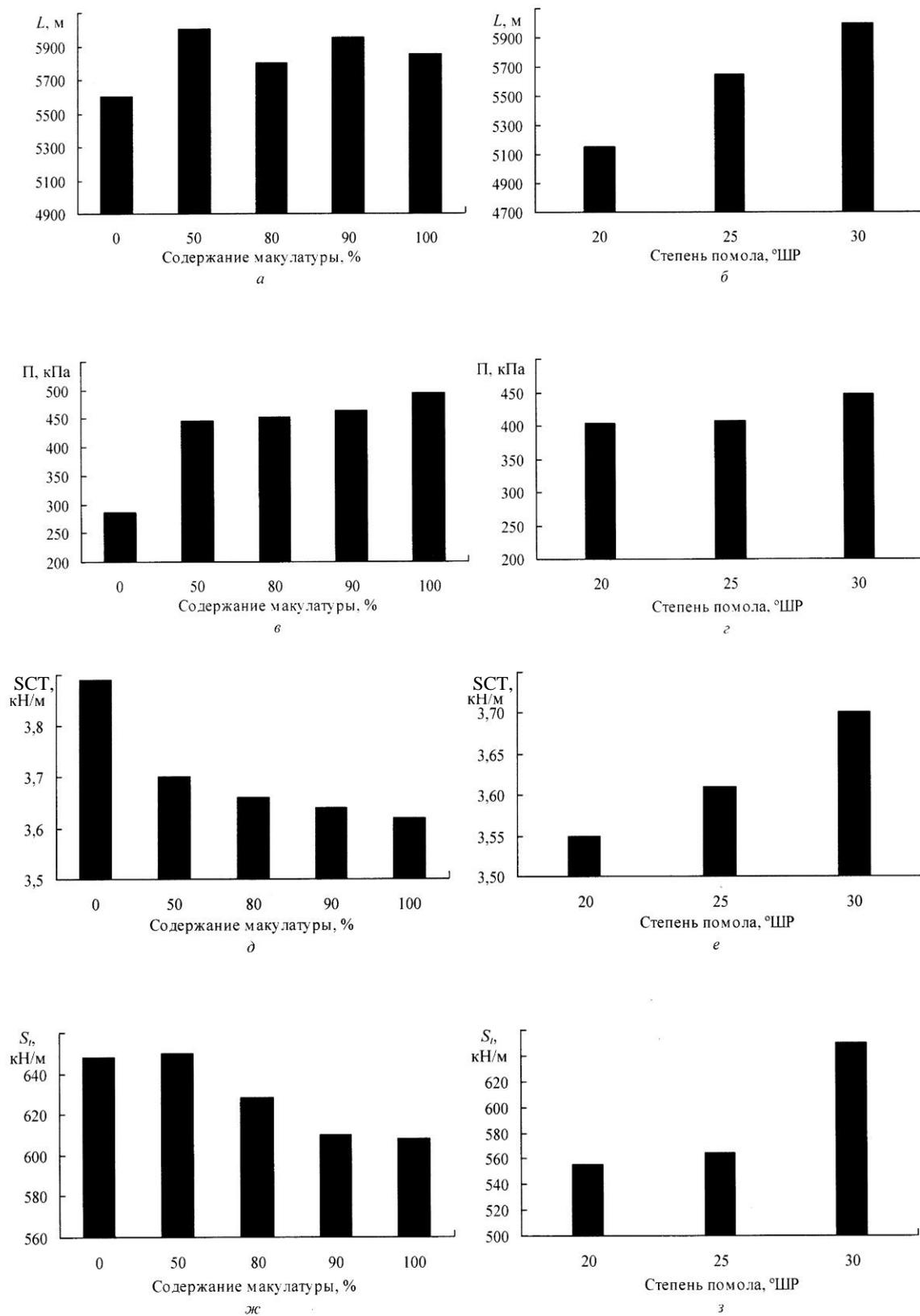
В лабораторных условиях было изучено влияние относительного содержания первичного волокна в композиции бумажной массы; степени помола первичного волокна; степени помола длинно- (ДВФ) и коротковолокнистой (КВФ) фракций макулатурного сырья. Композиция по волокну состояла из макулатуры марки МС-5Б и первичного волокна нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы (НСПЦ), произведенной на ОАО «Архангельский ЦБК».

На первом этапе эксперимента исследовано влияние относительного содержания НСПЦ в композиции на показатели физико-механических свойств бумаги для гофрирования. Масса 1 м<sup>2</sup> лабораторных образцов составляла 125 г. Макулатуру фракционировали на ДВФ и КВФ фракции. Степень помола ДВФ составляла 30 °ШР, КВФ – 40 °ШР; соотношение ДВФ : КВФ – 70 : 30; степень помола НСПЦ – 30 °ШР; расход крахмала – 7,5 кг/т. В лабораторных образцах были определены характеристики прочности и деформативности. Данные эксперимента представлены в таблице и на рисунке.

Бумага для гофрирования, изготовленная из смеси первичных и вторичных волокон, обладает большей разрывной длиной  $L$ , чем бумага для гофрирования только из первичных или макулатурных волокон. Абсолютное сопротивление продавливанию  $\Pi$  увеличивается с ростом содержания макулатуры в композиции. Сопротивление торцевому сжатию короткого участка образца SCT уменьшается с увеличением содержания макулатуры, что подтверждается снижением жесткости при изгибе  $S_f$ .

#### Влияние композиционного состава и степени помола НСПЦ, ДВФ и КВФ на прочностные и деформационные свойства бумаги для гофрирования

Влияющие факторы	Толщина бумаги, мкм	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$L$ , м	$\Pi$ , кПа	RCT, Н	SCT, кН/м	$S_f$ , кН/м	TEA, Дж/м <sup>2</sup>	$\delta_p$ , МПа	$\varepsilon_p$ , %	$E_1$ , МПа
Содержание макулатуры, %:											
0	233	0,55	5600	286	314	3,89	647,7	82,63	30,96	1,86	2784
50	202	0,64	6000	447	316	3,70	650,1	118,01	36,69	2,53	3134
80	182	0,75	5800	453	327	3,66	628,1	130,23	42,65	2,61	3240
90	187	0,73	5950	465	326	3,64	610,3	153,94	43,32	2,90	3257
100	221	0,62	5850	495	323	3,62	608,2	159,02	36,28	3,03	2758
Степень помола НСПЦ, °ШР:											
20	205	0,62	5150	403	296	3,55	555,4	93,24	31,94	2,24	2706
25	202	0,63	5650	407	311	3,61	564,3	114,83	35,42	2,51	2771
30	202	0,65	6000	447	316	3,71	650,1	118,01	36,69	2,53	3134
Степень помола ДВФ, °ШР:											
20	196	0,65	6050	414	296	3,64	593,4	127,95	39,37	2,53	2947
25	194	0,66	6100	428	325	3,71	607,1	135,28	40,17	2,65	3129
30	202	0,64	6000	447	316	3,70	630,1	118,01	36,69	2,53	3134
35	196	0,65	5950	411	319	3,67	656,6	125,93	38,79	2,52	3357
Степень помола КВФ, °ШР:											
30	217	0,58	6150	392	311	3,75	581,8	128,24	35,51	2,58	2684
35	201	0,64	6150	406	319	3,74	607,8	141,48	39,63	2,72	3027
40	202	0,64	6000	447	316	3,70	650,1	118,01	36,69	2,53	3134
45	199	0,64	5650	372	313	3,65	633,4	110,55	36,29	2,35	3189



Влияние содержания первичных волокон (а, в, д, ж) и степени помола НСПЦ (б, г, е, з) на характеристики бумаги для гофрирования

Повышение таких показателей качества бумаги для гофрирования, как сопротивление сжатию кольца RCT, работа разрушения ТЕА, разрушающее напряжение  $\sigma_p$  и деформация разрушения  $\varepsilon_p$ , при увеличении доли макулатуры в композиции объясняется тем, что в макулатурной массе содержится достаточное количество упрочняющих химикатов, кроме того нейтрально-сульфитная полупеллюлоза имеет меньшую длину волокна, чем используемая макулатура. Необходимо отметить также важную роль избирательного размола длинных волокон макулатуры после фракционирования.

Таким образом, использование первичного волокна (НСПЦ) в композиции с макулатурой позволяет повысить показатели физико-механических свойств бумаги для гофрирования, особенно показатель SCT. Использование первичного волокна ограничивается экономическими и экологическими соображениями, поэтому оптимальная доля НСПЦ определена на уровне 25 %.

На втором этапе эксперимента изучали влияние степени помола НСПЦ на физико-механические характеристики бумаги для гофрирования. Для исследования изготавливали отливки массой  $1 \text{ м}^2 125 \text{ г}$  с различной степенью помола, используемой в композиции НСПЦ. Соотношение первичных и вторичных волокон составляло 50 : 50, остальные условия соответствовали первому этапу. У лабораторных образцов были определены характеристики деформативности и прочности. Из представленных в таблице данных следует, что увеличение степени помола НСПЦ приводит к росту всех физико-механических показателей бумаги для гофрирования. Однако при производстве бумаги для гофрирования повышение степени помола массы более 30 °ШР нецелесообразно, исходя из экономических условий.

На третьем этапе изучали влияние степени помола ДВФ макулатуры. Соотношение первичных и вторичных волокон составляло 50 : 50, остальные условия оставались прежними.

При повышении степени помола длиноволокнистой фракции до 25 ... 30 °ШР наблюдался рост физико-механических характеристик бумаги для гофрирования, при этом прочностные и деформационные характеристики ( $E_t$ ,  $\sigma_p$ ,  $\varepsilon_p$ ) увеличиваются вследствие большей разработки волокна при размоле. Рост степени помола ДВФ более 30 °ШР приводит к снижению качественных показателей флютинга.

На завершающем этапе исследовали влияние степени помола КВФ на физико-механические характеристики бумаги для гофрирования. Приведенные в таблице результаты показывают, что с увеличением степени помола КВФ снижаются разрывная длина  $L$  и SCT. Абсолютное сопротивление продавливанию  $\Pi$  и RCT увеличиваются при размоле КВФ до 35...40 °ШР, при дальнейшем размоле КВФ макулатуры значения этих показателей уменьшаются. С увеличением степени помола КВФ снижаются как прочностные, так и деформационные показатели.

### *Выводы*

Введение в композицию бумаги для гофрирования на основе макулатуры лиственной НСПЦ позволяет увеличить как нормируемые ГОСТ показатели, так и показатели деформативности и прочности готовой продукции. В ходе исследования установлено, что оптимальной является добавка 25 % НСПЦ, при этом степень помола НСПЦ в рамках существующей технологии не должна превышать 30 °ШР.

Оптимальная степень помола ДВФ макулатуры для получения образцов флютинга с максимальными характеристиками прочности и деформативности находится на уровне 25...30 °ШР, для КВФ – 40 °ШР.

Результаты данного исследования являются основанием для проведения планированного трехфакторного эксперимента, который позволит оптимизировать технологические параметры производства нового вида компонента тарного картона – бумаги для гофрирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варка полуфабрикатов / А.В. Синчук [и др.]// Целлюлоза. Бумага. Картон. 2009. № 10. С. 42–46.

2. Синчук А.В., Кукузей В.А. Без потери качества//Целлюлоза. Бумага. Картон. 2009. № 8. С. 22–30.

Поступила 22.03.11

*I.V. Lavrov<sup>1</sup>, Yu.V. Sevastianova<sup>2</sup>, V.I. Komarov, D.A. Dulkan<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Sukhonskijj TSBK

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

<sup>3</sup>Limited Liability Company “Managing Company”

#### **The Influence of Fiber Composition and Technological Parameters on Characteristics of Paper for Corrugating**

The impact of basic technological factors on physical and mechanical properties of paper for corrugating produced from the wastepaper MS-5B and neutral sulfite semichemical pulp (N. S. S. C. pulp) mixture has been investigated. The basic technological factors optimal values such as the share of N. S. S. C. pulp in the composition, the degree of grinding the degrees of long- and shot-fibered fractions in wastepaper have been estimated.

*Keywords:* wastepaper, long-fibered fraction, short-fibered fraction, neutral sulfite hardwood semichemical pulp, degree of grinding, breaking length.

УДК 676.056.15

**В.С. Куров, Ю.А. Тихонов**С.-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров

Куров Виктор Сергеевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Ленинградский государственный технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, профессор, доктор технических наук, проректор по научной работе С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 160 печатных работ в области исследования нестационарных гидромеханических процессов и реологии водоволокнистых суспензий целлюлозно-бумажной промышленности.  
E-mail: mail@gturp.spb.ru



Тихонов Юрий Александрович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет около 110 печатных работ в области оборудования целлюлозно-бумажного производства.  
E-mail: mail@gturp.spb.ru



## НАПОРНЫЙ ЯЩИК ДЛЯ МАССЫ ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

На основании анализа современных скоростных дорогостоящих напорных ящиков предложена и обоснована новая дешевая, прошедшая лабораторные испытания конструкция, позволяющая повысить качество формования на многочисленных машинах, производящих макулатурные картоны, увеличить их производительность и снизить металлоемкость.

**Ключевые слова:** напорный ящик, диспергирование массы, профили скорости, концентрации и массы метра квадратного формующего полотна.

На скоростных машинах работают современные напорные ящики [2], обеспечивающие условия для качественного формования при концентрации массы до 1,2 %. Установленные в этих ящиках блоки ступенчатых диффузоров с выходным живым сечением около 95 % создают однородный турбулентный поток, обеспечивающий хороший просвет и вариацию массы метра квадратного полотна не выше 4 %, а дополнительная система выравнивания профиля массы локальным разбавлением очищенной оборотной водой (рис. 1) в количестве до 15 % от массы, поступающей на сетку, позволяет снизить поперечную вариацию до 0,5 %.

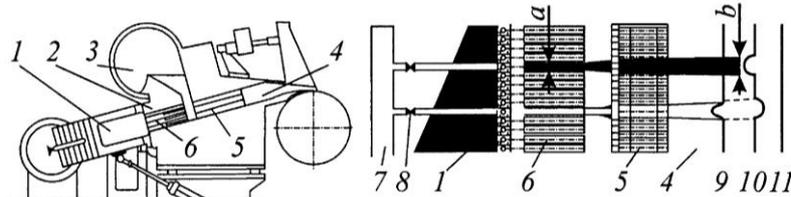


Рис. 1. Скоростной напорный ящик с дополнительной системой выравнивания оборотной водой профиля массы метра квадратного (коэффициент размазывания  $b/a = 1,64$ ): 1 – коллектор, 2 – перелив, 3 – воздушная подушка, 4 – напускной канал, 5 – блок ступенчатых диффузоров, 6 – трубки, 7 – коллектор оборотной воды на разбавление, 8 – клапаны регулировки подачи оборотной воды на разбавление, 9, 10 и 11 – профили скорости, концентрации и массы

Однако при низкой скорости машины (менее 250...300 м/мин) ступенчатые диффузоры теряют свою эффективность из-за недостатка кинетической энергии потока, вследствие чего возрастает как флокуляция, так и вариация массы метра квадратного. Напорные ящики с перфовалями более успешно справляются с диспергированием на низкоскоростных машинах, поскольку перфовал, представляющий двойную систему отверстий с живым сечением около 50 %, является более мощным турбулизатором по сравнению с блоком ступенчатых диффузоров. В силу этого перфовал создает после себя неоднородную, струйную, крупномасштабную конфигурацию потока [5], более трудно поддающуюся выравниванию деформацией губы напорного ящика, вследствие чего вариация массы метра квадратного часто превышает 6 %. Кроме того, при повышении концентрации массы более 0,7 %, что часто требует ограниченная обезвоживающая способность сеточного стола, крупномасштабная турбулентность резко усиливает неоднородность на просвет. Установка на ящике с перфовалями упомянутой системы выравнивания оборотной водой усложнится влиянием перфовалов, размазывающих локальные зоны регулирования профиля концентрации  $b/a$  (рис. 1), и потребует на устранение 6 % вариации массы метра квадратного уже не менее 20 % дозировки оборотной воды, что определит повышение концентрации массы перед ящиком более чем на 0,2 %. Это, в свою очередь, снизит и без того невысокую эффективность машинных сортировок фабрик. При этом неравномерность профиля ориентации волокон при формовании, вызванная неравномерностью профиля скорости, созданную перфовалями, остается высокой, поскольку регулируемый профиль концентрации не влияет на профиль скорости.

Кроме этого, в открытых ящиках образуется пена со слизью, не полностью устраняемая системой sprays для ее гашения, зазоры между перфовалом и стенками напускного канала неравномерны из-за прогиба перфовала и износа цапф, что усиливает упомянутые выше отрицательные эффекты.

Таким образом, напорный ящик низкоскоростной машины, работающий на верхних пределах концентрации, должен быть закрыт, обеспечивать интенсивную турбулизацию потока при диспергировании массы на низкой скорости, эквивалентную ступенчатым диффузорам на высокой скорости, более однородный, чем в ящиках с перфовалями без струйных течений и крупномасштабной турбулентности, выровненный профиль скорости на выходе, меньшее время движения массы в губе во избежание обратной флокуляции, время начала которой после диспергирования для концентраций 0,5 и 1,0 % составляет примерно 0,5 и 0,1 с соответственно. При этом его стоимость должна быть меньше, чем ящика с перфовалями и ступенчатыми диффузорами.

Поставленные противоречивые цели могут быть реализованы в представленном на рис. 2 закрытом LST-ящике.

Масса из коллектора 1 ускоряется в трубках 2, вытекая из которых в камеру 3, разворачивается в ней на 90° и поступает в отверстия перфоплиты 4. В камере 3 поток предварительно турбулизируется, вследствие чего волокнистая структура распадается на флоккулы, без затруднений входящие в отверстия 4. При выходе из отверстий в камеру 5 прямые струи ударяются в дно камеры и, разворачиваясь, генерируют обратные струи, движущиеся в противоположном направлении между прямыми струями, образуя по периметру струй напряжения  $\tau$ , эффективно разрушающие флоккулы на волокна. Вследствие удвоенной относительной скорости струй эти напряжения более чем в 2 раза превышают соответствующие напряжения в ступенчатых диффузорах, благодаря чему дефлокуляция массы на волокна в LST-ящике

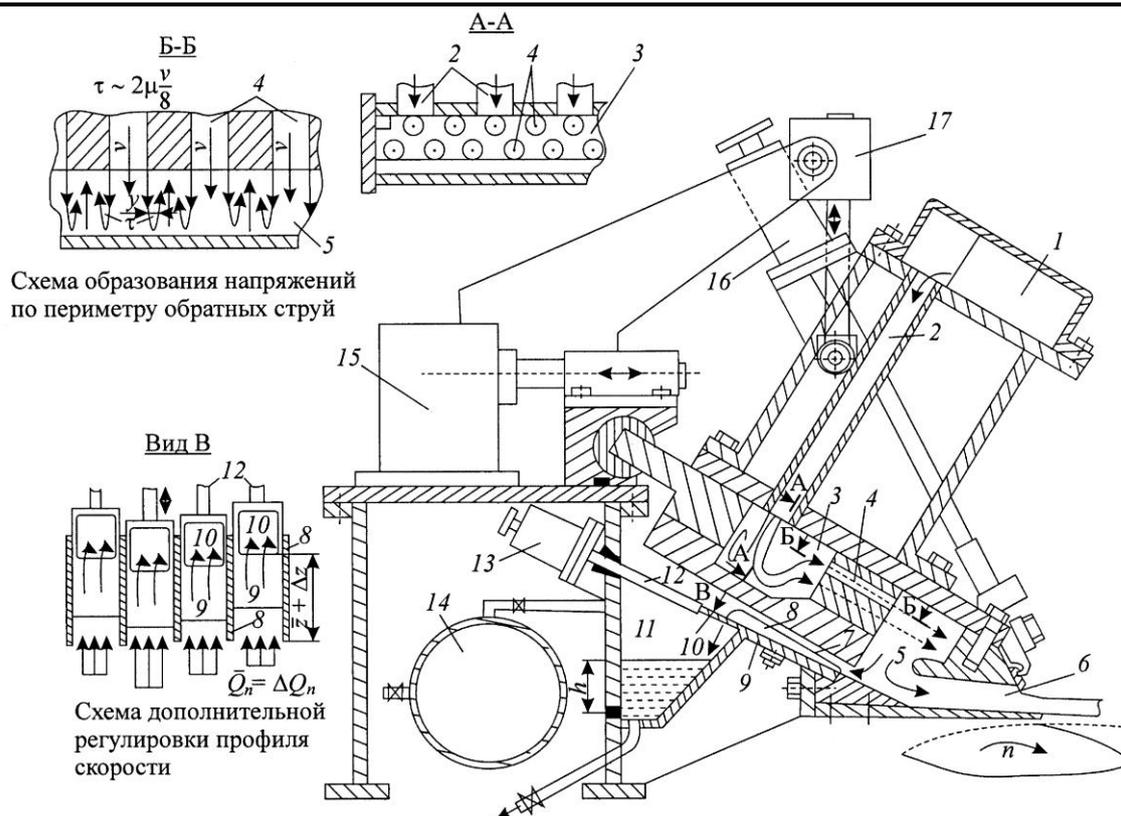


Рис. 2. Схема LST-ящика: 1 – коллектор, 2 – трубки, 3 – первичная камера, 4 – перфорплита, 5 – генератор обратных струй, 6 – напускной канал, 7 – переливной канал, 8 – направляющие перегородки, 9 – передвижные пластины, 10 – переливные окна в пластинах, 11 – сливная камера, 12 – штоки, 13 – редукторы перемещения пластин, 14 – ресивер, 15 – механизм линейного перемещения губы, 16 – редукторы деформации профиля губы, 17 – механизм открытия губы

осуществляется при гораздо меньших скоростях потока, чем в ящиках со ступенчатыми диффузорами. Средняя интенсивность турбулентности (рис. 3) в генераторе обратных струй (около 30 %) примерно соответствует средней интенсивности в ступенчатых диффузорах (18...50 %) [7] скоростных напорных ящиков. При этом большие напряжения  $\tau$ , действующие по периметру обратных струй, эффективно их

Рис. 3. Спектры турбулентности в LST-ящике перед напускным каналом: 1 – вода, 2 – масса 2,0 %, 3 – масса 2,8 %, 4 – масса 2,8 % на выходе

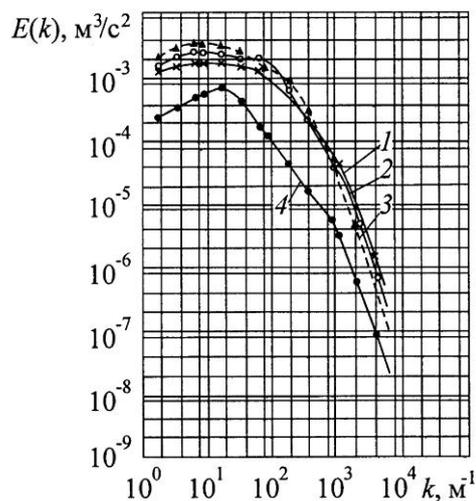
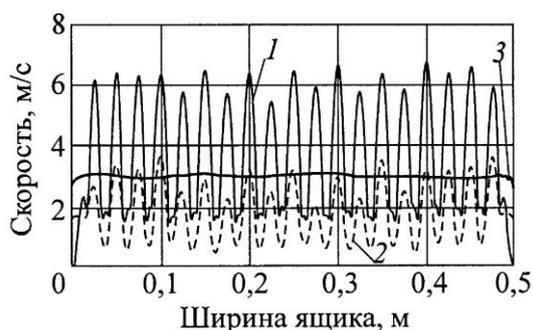


Рис. 4. Профиль скорости в LST-ящике:  
 1 – в генераторе обратных струй,  
 2 – перед входом в переливной канал,  
 3 – на выходе из напускного канала

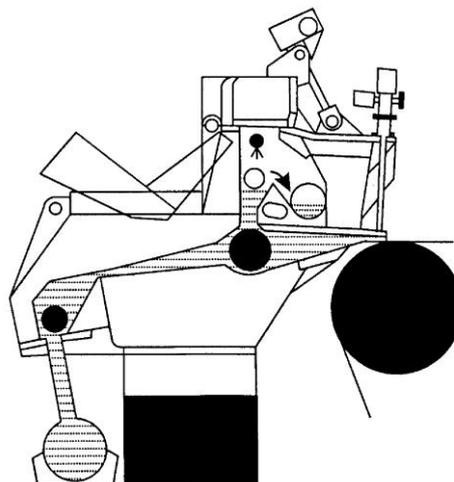


тормозят и рассеивают, за счет чего происходит быстрое самовыравнивание профиля скорости и к переливному каналу подходит поток со значительно меньшей неравномерностью (рис. 4).

Профиль скорости выравнивается вследствие его перераспределения при столкновении остаточных струй с дном напорного ящика (см. рис. 2) перед входом в напускной канал 6 и одновременном сбросе 3...7 % массы через переливной канал 7 в сливную камеру 11 при заданном давлении воздуха в ней, создаваемом ресивером 14. Переливы с воздушной подушкой устанавливаются как перед ящиком, так и внутри него, непосредственно перед блоком ступенчатых диффузоров (см. рис. 1) или последним перфовадом (рис. 5).

В первом случае перелив стабилизирует поток, во втором – дополнительно сглаживает неравномерность профиля скорости, созданную коллектором ящика. Однако, как было отмечено, а также согласно [6], сам блок диффузоров или, в большей степени, перфовад, переформируя поток, способны создать после себя значительную неравномерность профиля скорости. Чтобы исключить этот эффект, в LST-ящике (см. рис. 2) перелив установлен после генератора турбулентности 5, непосредственно перед напускным каналом, и сглаживает созданные генератором дефекты скорости к концу напускного канала примерно до 2,5 % (рис. 4). При этом крупномасштабные турбулентные вихри, созданные генератором и вносящие в поток наиболее мощные пульсации, отдают их значительную долю в перелив, аналогично процессу гашения пульсаций, образованных сортировками и смесительным насосом [3], в результате чего к концу напускного канала подходит поток с интенсивностью турбулентности порядка 7...10 % (см. рис. 3), характерной для современных ящиков [7], обеспечивающих качественное формование.

Рис. 5. Схема напорного ящика с перфовадами фирмы «VOITH», снабженного переливом



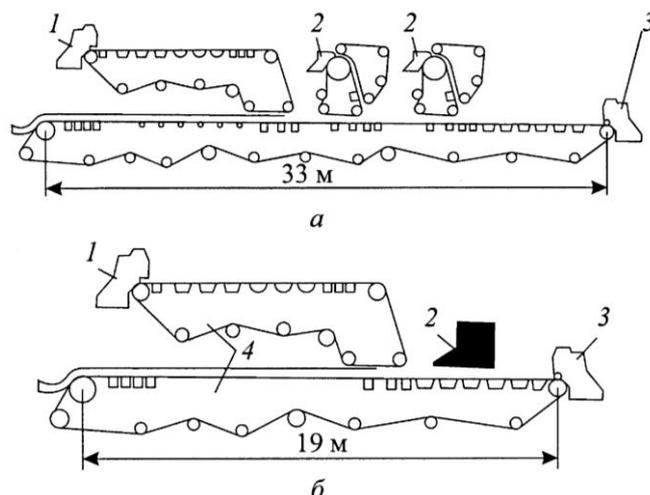


Рис. 6. Упрощение сеточной части машины для выпуска 1-, 2- и 3-слойных видов продукции при формировании среднего слоя из макулатурной массы концентрацией  $C = 2,5 \dots 3,5 \%$ : *a* – Tampella; до  $350 \text{ г/м}^2$ , скорость  $80 \dots 500 \text{ м/мин}$ ; *б* – LST; до  $500 \text{ г/м}^2$ , скорость  $100 \dots 300 \text{ м/мин}$ ; 1 – напорный ящик верхнего слоя; 2 – среднего слоя; 3 – нижнего слоя; 4 – сеточная часть из 2-х формеров «Петрозаводскмаш»

В случае необходимости компенсации дефектов неравномерности массы метра квадратного, вызванных прессовой и сушильной частью, дополнительная перестройка профиля скорости может осуществляться путем установки в переливной канал 7 пластин 9 с вырезанными в них окнами 10, которые перемещаются между направляющими перегородками 8, редукторами 13 посредством штоков 12 (см. рис. 2). При перемещении пластин высота  $Z$  нижних кромок окон 10, через которые переливается масса, изменяется, вследствие чего меняется расход массы, поступающей в переливной канал между перегородками 8 и, соответственно, меняется локальный расход массы, поступающей в напускной канал в зоне, лежащей напротив этих перегородок. Дополнительная регулировка требует повышенного (порядка  $7 \dots 10 \%$ ) сброса массы в перелив.

LST-ящик может быть применен в качестве ящика основного и (в модифицированном варианте) покровного слоев при обычной концентрации  $0,4 \dots 1,0 \%$ . Кроме того, обладая высокой диспергирующей и демпфирующей способностью, он может быть применен в качестве ящика среднего макулатурного слоя при производстве трехслойного картона или композиционных материалов при концентрации массы  $2,5 \dots 3,5 \%$ . Известно [4], что для прочностных характеристик трехслойного картона важны жесткость наружных слоев и высокая пухлость внутреннего слоя – наполнителя. Важно также, чтобы толстый слой – наполнитель имел высокую пористость, облегчающую удаление воды при прессовании и сушке. Аналогичная картина [1] имеет место при производстве бумаги для композиционных материалов, для которых важна глубокая равномерная пропитка смолами за счет пористости внутреннего слоя. Максимально эффективно и просто это реализуется при формировании внешних слоев из массы концентрацией  $0,4 \dots 0,6 \%$ , а слоя наполнителя из массы концентрацией  $2,5 \dots 3,5 \%$  [8] на обычном сеточном столе с верхним формером, который может производиться отечественным машиностроением (рис. 6).

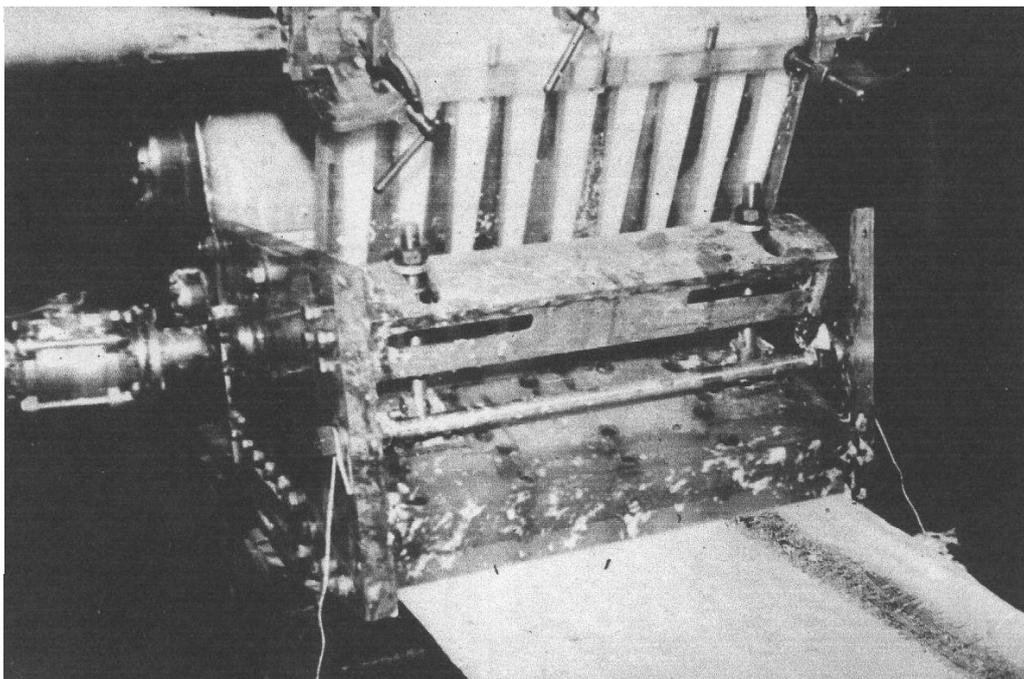


Рис. 7. Испытания модели напорного ящика на массе концентрацией 3,4 %

Напорный ящик LST прошел лабораторные испытания, показавшие удовлетворительную сходимость с теоретическими концепциями.

На рис. 7 приведена фотография струи массы (концентрация 3,4 %), вытекающей из модели шириной 500 мм. Подкрашенная введенной в трубу коллектора тушью полоса демонстрирует возможность регулировки профиля концентрации с коэффициентом размазывания  $b/a \sim 1,5$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аким Э.Л., Стебунова Т.А., Коваленко М.В. Прочностные и пропиточные свойства многослойной и влагопрочной бумаги//Целлюлоза, Бумага. Картон. 2001. № 4. С. 33–36.
2. Бумагоделательные и картоноделательные машины /под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина.СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.
3. Куров В.С., Тихонов Ю.А. Гидродинамика процессов массоподачи на бумагоделательную машину. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.
4. Borschke D. Get the most of your fibre. Together// Paper Technology Journal. 2001. N 5. P. 16–20.
5. Egelhof D. Determination of headbox flow stability and effects of basis-weight variations on paper//Tappi. 1977. Vol. 6. N 3. P. 63–65.
6. Offerhaus D. Continuing the challenge «blueprinting» a headbox: 81-st Annual meeting Canadian pulp and paper association, 1.02,1995. P. 57–63.
7. Paper quality and configuration of paper machine: XXI-st Annual conference, Jelenia Cora-Cieplice, Beliot, 13.05, 1993.
8. Waris T. A headbox for high consistency forming//Paper Technology. 1990. N 22. P. 14–18.

Поступила 20.05.11

*V.S. Kurov, Yu.A. Tikhonov*

Petersburg State Technological University of Vegetative Polymers

### **Headbox for Increased Concentration Mass**

As a result of contemporary high-speed expensive headboxes analysis a new cheap design has been proposed and grounded. It has gone through laboratory testing and allows to increase the quality of molding while producing cardboard out of wastepaper as well as to heighten productivity and decrease specific quantity of metal.

*Keywords:* headbox, mass dispersion, velocity profile, concentration and mass of 1 m<sup>2</sup> of molded web.

---

УДК 676.017.22:531.71

**В.В. Коваленко<sup>1</sup>, Н.В. Сысоева<sup>1</sup>, В.К. Дубовый<sup>2</sup>, А.И. Безлаковский<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова<sup>2</sup>С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров<sup>3</sup>ОАО «Новгородский завод стекловолокна»

Коваленко Влада Валерьевна родилась в 1987 г., окончила в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, ассистент кафедры стандартизации, метрологии и сертификации. Имеет около 60 печатных работ в области исследования минеральных волокон, бумагоподобных композитов на основе минеральных волокон и связующих.

E-mail: vlada.valeryevna@gmail.com



Сысоева Наталья Владимировна родилась в 1976 г., окончила в 1999 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Северного (Арктического) федерального университета. Имеет около 60 печатных работ в области совершенствования технологии получения бумаги, картона и подобных листовых материалов из растительных и минеральных волокон.

E-mail: synat@agtu.ru



Дубовый Владимир Климентьевич родился в 1967 г., окончил в 1991 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, доцент С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 150 печатных работ в области технологии бумаги и картона.

E-mail: dubovy2004@mail.ru



Безлаковский Антон Игоревич родился в 1974 г., окончил в 1997 г. Новгородский государственный университет, кандидат технических наук, ген. директор ОАО «Новгородский завод стекловолокна». Имеет около 20 печатных трудов в области оптимизации технологии получения минеральных волокон и расширения области их использования.

E-mail: nzsv@mxс.ru



## **ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ПО ДИАМЕТРУ ШТАПЕЛЬНЫХ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Показана важность знания фракционного распределения волокон по диаметру для оценки капиллярно-пористых свойств фильтровальных видов бумаги специального назначения. Получены сведения о фракционном распределении по диаметру стеклянных волокон разных марок. Установлена закономерность изменения геометрических размеров стеклянных штапельных волокон, используемых в производстве бумаги специального назначения.

*Ключевые слова:* стеклянное штапельное волокно, диаметр стеклянного волокна, фракционное распределение по диаметру волокон.

Одной из сложнейших задач получения фильтровальных и сепарационных видов бумаги специального назначения является достижения баланса между высокими впитывающими свойствами, низким коэффициентом проскока загрязняющих частиц очищаемых газовых или жидких сред и невысоким сопротивлением потоку воздуха. Известно, что производство подобных бумажно-картонных материалов невозможно без использования минеральных волокон, отличительная особенность которых – стабильность поперечных размеров из-за отсутствия набухания. Повышение качества бумаги специального назначения определяет не только необходимость снижения доли растительных волокон, но и переход на стопроцентное использование минерально-волоконистого сырья в композиции.

Бумагоподобные минерально-волоконистые материалы характеризуются более тонкопористой капиллярной структурой, позволяющей достигать требуемого уровня свойств вследствие меньшего диаметра волокон. Хорошо известно, что ширина целлюлозных волокон колеблется в диапазоне 20...40 мкм [1], в то время как поперечное сечение (диаметр) минеральных штапельных волокон, наиболее часто используемых для данного вида бумаг, лежит в пределах 0,25...0,60 мкм, что на два порядка меньше по сравнению с целлюлозным волокном.

Производителями минеральных волокон нормируется лишь среднее значение диаметра. Особенности получения штапельных волокон обуславливают их полидисперстность не только по длине, но и по диаметру внутри одной марки. Для математического описания процессов моделирования капиллярно-пористой структуры получаемых бумагоподобных минерально-волоконистых материалов необходимо знать фракционное распределение волокон по диаметру. Исследования этого вопроса проводились ранее [2], однако совершенствование технологии получения волокон и материалов из них привело как к появлению новых видов минеральных волокон, так и к расширению возможностей использования волокон с более «грубым» диаметром. В связи с этим получение массива данных о фракционном распределении по диаметру волокон разных марок, используемых в производстве бумаг специального назначения, является актуальной задачей.

В качестве объекта исследования были выбраны стеклянные штапельные волокна одного из крупнейших российских производителей минеральных волокон, более 30 лет поставляющего свои волоконистые полуфабрикаты для бумажной промышленности. Характеристики стеклянных волокон, наиболее часто используемых в бумажном производстве и взятых для исследования, представлены в таблице.

Измерения проводили с помощью оптического микроскопа «Биолар», имеющего специальную насадку–микрометр. Для исключения ошибки измерения выборка составляла не менее 60 измеряемых волокон в каждой серии при пяти параллельных определениях для каждой исследуемой марки волокон.

Марка волокон	Диаметр волокон, мкм				Коэффициент вариации (по всему объему выборки), %
	номинальный	средний	min	max	
Нанотонкое НТВ-0,1	0,10	0,105	0,02	0,40	76,5
Микротонкое МТВ-0,25	0,25	0,245	0,08	0,80	57,8
Микротонкое МТВ-0,4	0,40	0,357	0,16	0,96	31,2
Ультратонкое УТВ-0,6	0,60	0,556	0,16	0,96	38,1
Супертонкое СТВ-3,0	3,00	2,573	0,96	5,60	46,0

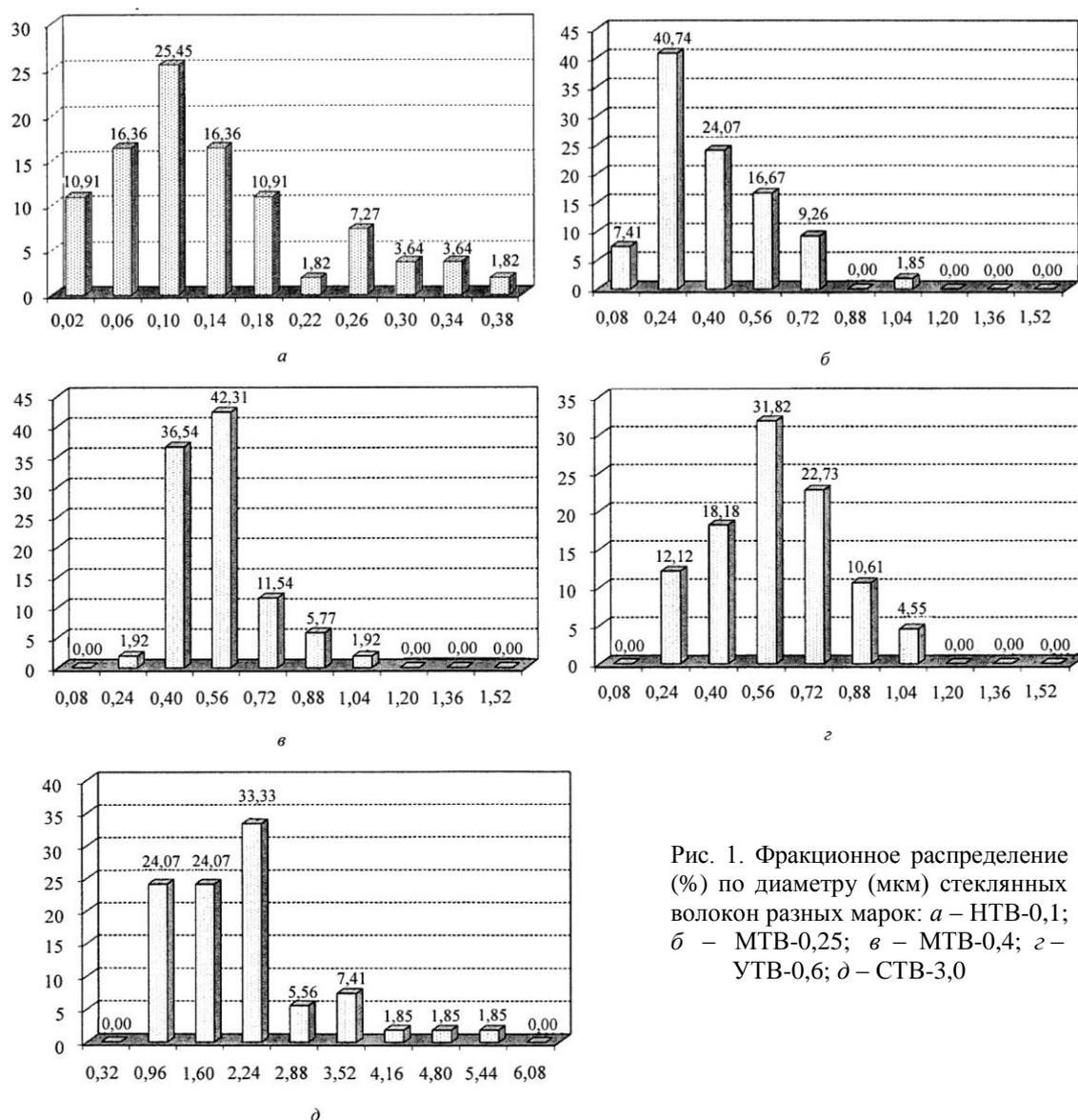


Рис. 1. Фракционное распределение (%) по диаметру (мкм) стеклянных волокон разных марок: а – НТВ-0,1; б – МТВ-0,25; в – МТВ-0,4; з – УТВ-0,6; д – СТВ-3,0

Необходимо отметить, что среднее значение диаметра волокон марок МТВ-0,4; УТВ-0,6 и СТВ-3,0 ниже рекомендованных спецификацией диапазонов значений, что свидетельствует о высоком качестве этих волоконистых полуфабрикатов и дает возможность к расширению области их использования.

Представленные в таблице коэффициенты вариации подтверждают высокую неравномерность волокон по диаметру внутри одной марки. При этом минимальное значение коэффициента вариации отмечено для марки с номинальным диаметром 0,40 мкм. Отклонение от этого значения в обе стороны приводит к повышению разброса диаметра волокон по фракциям. Это наглядно иллюстрирует рис. 1.

Так, самый большой разброс (самый большой коэффициент вариации) по диаметру наблюдается для волокон марки НТВ-0,1. В то время как кривая фракционного распределения волокон по диаметру марки МТВ-0,4 имеет самый узкий диапазон распределения. Подобное явление можно объяснить технологическими особенностями регулирования процессов получения стеклянных штапельных волокон.

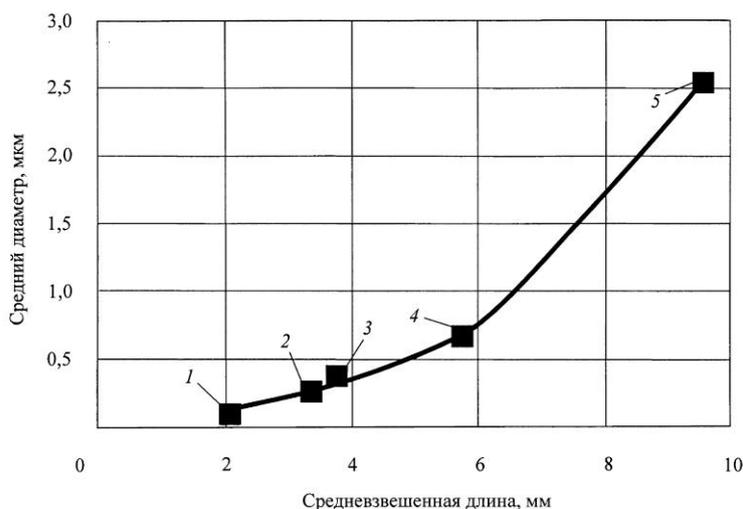


Рис. 2. Изменение геометрических размеров стеклянных штапельных волокон

Кроме того, в ходе определения была отмечена нестабильность поперечного диаметра по длине волокна, что также обусловлено особенностями производства. Для определения стабильности диаметра по длине измерения проводили в трех точках на одном волокне (с двух концов и в середине). Полученные результаты показали, что волокна большей длины имеют форму «сильно вытянутой капли», т.е. с одного конца они в 1,5–2,5 раза толще, чем с другого. Было установлено, что волокна длиной менее 1,0 мм имеют более высокую стабильность диаметра по длине. Аналогичные результаты были получены для всех исследуемых марок волокон.

В ходе эксперимента было установлено, что теоретические представления о зависимости изменения геометрических размеров волокон – чем больше поперечное сечение волокна, тем выше его длина – справедливо и для стеклянных штапельных волокон (рис. 2).

В дальнейшем планируется усовершенствовать (автоматизировать) методику определения диаметра стеклянных и других минеральных штапельных волокон с целью сократить время и трудоемкость исследований.

Полученные в работе сведения о фракционном распределении стеклянных волокон по их диаметру послужат основой для математического моделирования капиллярно-пористой структуры бумагоподобных минерально-волокнистых материалов для специальной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас древесины и волокон для бумаги / Е.С. Чавчавадзе [и др.]. М.: Ключ, 1992. 336 с.
2. Дубовый В.К. Бумагоподобные композиционные материалы на основе минеральных волокон: автореф. дисс.... док. техн. наук. С.-Петербург, 2006.

Поступила 30.09.11

*V.V. Kovalenko<sup>1</sup>, N.V. Sysoeva<sup>1</sup>, V.K. Duboviy<sup>2</sup>, A.I. Bezlakovskiy<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State Technological University of Plant Polymers

<sup>3</sup> JSC «Novgorod Mill of Glass Fiber»

### **Fractional Composition by Diameter of Staple Glass Fibers which Are Used for Making Special Types of Paper**

The importance of knowledge of fractional distribution of fibers by diameter for assessment of capillary-porous properties of filter paper for special purposes is shown. Information of fractional distribution of staple glass fibers of different types by diameter is obtained. The regularity of changes in geometrical dimensions of staple glass fibers which are used in paper-making production for special purposes is determined.

*Keywords:* staple glass fibers, diameter of glass fiber, fractional distribution in fibers diameter.

---

УДК 546.722:54-148

**Ю.Г. Хабаров, И.М. Бабкин, В.А. Вешняков**

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

Хабаров Юрий Германович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор кафедры технологии ЦБП Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 190 печатных трудов в области химической переработки древесины.

E-mail: khabarov@agtu.ru



Бабкин Игорь Михайлович родился в 1987 г., окончил в 2010 г. Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, аспирант кафедры технологии ЦБП САФУ. Имеет 4 печатные работы в области химии древесины, химии лигнина.

E-mail: khabarov.yu@mail.ru



Вешняков Вячеслав Александрович родился в 1984 г., окончил в 2007 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 20 печатных работ в области химии древесины и химии лигнина.

E-mail: khabarov@agtu.ru



## **ВЛИЯНИЕ КИСЛОТЫ ПРИ НИТРОЗИРОВАНИИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ НА ИХ СПОСОБНОСТЬ К ПЕПТИЗАЦИИ МАГНИТОАКТИВНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА(II)**

Рассмотрено влияние условий нитрозирования лигносульфонатов на последующий синтез на основе сульфата железа(II) магнитоактивного соединения, обладающего свойствами магнитной жидкости.

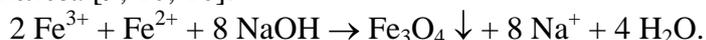
*Ключевые слова:* лигносульфонаты, нитрозирование, сульфат железа(II), магнитоактивное соединение.

Наноразмерные магнитоактивные соединения (МС) являются основой магнитных жидкостей, которые одновременно обладают текучестью и способны взаимодействовать с магнитным полем. Магнитные жидкости относятся к многокомпонентным коллоидным системам, которые состоят из дисперсной фазы (магнитных частиц), дисперсионной среды и стабилизатора, в качестве которого обычно используют различные поверхностно-активные вещества – ПАВ (чаще всего олеиновую кислоту) [6, 8]. Дисперсная фаза магнитных жидкостей – магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) и ферриты состава  $\text{MeFe}_2\text{O}_4$  (где Me –  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  или  $\text{Cu}^{2+}$ ).

Для синтеза магнитных жидкостей применяют методы диспергирования и конденсации. Для получения ультрадисперсных магнитных частиц первоначально механическое диспергирование производили в шаровой мельнице в течение 1000 ч [12]. Позднее продолжительность диспергирования удалось значительно снизить [11, 13]. Основные недостатки механического диспергирования – низкая производительность, загрязнение магнитной жидкости продуктом истирания шаров при

работе мельницы, а также невозможность получить дисперсную фазу с малым разбросом размеров частиц.

В настоящее время основными являются конденсационные способы, при которых образование частиц магнетита коллоидных размеров происходит из отдельных молекул за счет химической реакции, протекающей с участием солей двух- и трехвалентного железа [9, 10, 16]:



Для получения частиц коллоидных размеров конденсацию проводят при соотношении  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 2:1$ , температуре 70 °С и постоянном интенсивном перемешивании. Использование гидроксида аммония [1–4] позволяет снизить температуру до 25...40 °С.

При синтезе магнитной жидкости на основе коллоидных частиц магнетита Дж. Нил [14–15] использовал в качестве стабилизатора технические лигносульфонаты (ЛСТ). Магнитная жидкость образуется после продолжительной термической обработки.

Способы получения МС магнетитного типа на основе соли железа(II) встречаются редко. Так В.Г. Беликов с соавторами разработали способ, по которому первоначально из раствора соли железа(II) осаждают карбонат железа(II). Образование магнетита происходит при температуре 55...60 °С. Термическую обработку проводят в течение 1 ч. Готовый магнетит промывают дистиллированной водой до pH 7 и отделяют от жидкости декантацией [7]. Недостатком указанного способа является низкая относительная магнитная восприимчивость образующегося МС.

Модификация ЛСТ с помощью нитрозирования позволяет на основе сульфата железа(II) получать МС, который представляет собой ультрадисперсный коллоидный раствор с высокой относительной магнитной восприимчивостью.

Цель исследования состояла в определении условий нитрозирования ЛСТ, оптимальных с точки зрения дальнейшего синтеза МС, обладающего свойствами магнитной жидкости.

#### *Методическая часть*

При выполнении экспериментов были использованы нитрит натрия, азотная (концентрация 65 %), ледяная уксусная, серная (94 %), муравьиная (85 %) и соляная (36 %) кислоты, гидроксид натрия, гептагидрат сульфата железа(II) квалификации ч.д.а., лигносульфонаты технические. Из этих реактивов были приготовлены водные растворы следующих концентраций: 1 М раствор NaOH; 10 %-е растворы кислот; растворы  $\text{NaNO}_2$  (2,5 г/л) и ЛСТ (18,6 г/л). Раствор сульфата железа(II) готовили в мерной колбе вместимостью 200 мл, растворяя в дистиллированной воде 5,56 г  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  с добавлением 16 мл 10 %-го раствора уксусной кислоты для подавления гидролиза, после чего содержимое доводили до метки.

Нитрозирование ЛСТ проводили в мерной колбе вместимостью 100 мл, для этого в нее вносили 4 мл раствора ЛСТ, заданный объем 10 %-го раствора кислоты, 80 мл дистиллированной воды, 4 мл раствора  $\text{NaNO}_2$ . Затем доводили объем до метки водой и выдерживали реакционную смесь в течение заданного времени.

Синтез МС проводили следующим образом. В пробирку вносили 10 мл раствора исходных или нитрозированных ЛСТ, добавляли 2 мл раствора сульфата железа(II), содержимое пробирки встряхивали, приливали 2 мл раствора гидроксида натрия и перемешивали. Через определенные промежутки времени регистрировали относительную магнитную восприимчивость (ОМВ).

Измерение ОМВ осуществляли на установке, смонтированной на основе электронных аналитических весов. На чашке весов был закреплен кольцевой постоянный магнит (намагниченность 0,0675 Тл, напряженность магнитного поля  $5,37 \cdot 10^4$  А/м). В отверстие кольцевого магнита была вертикально установлена пробирка, закрепленная так, что она его не касалась. Перед измерением показания весов обнуляли, затем в закрепленную пробирку помещали пробирку меньшего диаметра с образцом и регистрировали изменение показаний прибора. Для расчета ОМВ (ОМВ, г/г<sub>Fe</sub>) использовали следующую формулу:

$$\text{ОМВ} = \frac{|\Delta m|}{m_{\text{Fe}}},$$

где  $\Delta m$  – изменение показаний прибора, г;

$m_{\text{Fe}}$  – масса железа в анализируемом образце, г.

Электронные спектры поглощения записывали в диапазоне длин волн 200...600 нм на спектрофотометре «Shimadzu UV-1650PC» в кварцевых кюветках (толщина рабочего слоя 1 см) относительно дистиллированной воды.

#### *Обсуждение результатов*

Реакция электрофильного нитрозирования очень чувствительна к условиям проведения [5], поэтому изучение влияния условий нитрозирования ЛСТ на последующий синтез МС на основе сульфата железа(II) представляет большой интерес. Для достижения поставленной цели нитрозирование ЛСТ проводили при комнатной температуре и различных расходах нитрита натрия, а для создания кислой среды добавляли 10 %-е водные растворы муравьиной, уксусной, соляной, серной или азотной кислот. Расход  $\text{NaNO}_2$  составлял 13 %, кислот – 230 % от массы ЛСТ.

Нитрозирование ЛСТ как ароматических полимеров происходит по ароматическому ядру фенилпропановой структурной единицы. Нитрозогруппа является сильным электроноакцептором, она сопряжена с бензольным кольцом и влияет на распределение электронной плотности, усиливая кислотные свойства фенольных гидроксильных групп. Это приводит к изменению комплексообразующих свойств. После завершения нитрозирования ЛСТ были записаны электронные спектры их растворов.

В дальнейшем предварительно нитрозированные ЛСТ использовали при синтезе МС, измеряли динамику формирования его магнитной активности и динамику осаждения гидроксида железа(II). На начальной стадии синтеза при добавлении щелочи образуется суспензия, которая постепенно осаждается. Динамика осаждения мало зависит от типа кислоты, примененной при нитрозировании ЛСТ. В основном этот процесс заканчивается через 30...50 мин.

По сравнению с осаждением магнитная активность формируется в течение более длительного времени. Скорость этого процесса существенно замедляется через 80 мин после начала синтеза. Из рис. 1 видно, что МС, синтезированное с использованием ЛСТ, нитрозированных в присутствии азотной кислоты, обладает максимальной магнитной активностью. С осадком происходят интересные внешние изменения: первоначально компактный, состоящий из достаточно крупных частиц, окрашенных в зеленоватые тона, с течением времени он изменяет окраску на практически черную. Это сопровождается сильным изменением дисперсности осадка, т. е. происходит его пептизация. Размеры частиц уменьшаются настолько, что осадок, наряду с магнитной активностью, приобретает текучесть. Визуально начало пептизации наблюдается через 40...60 мин после начала синтеза МС.

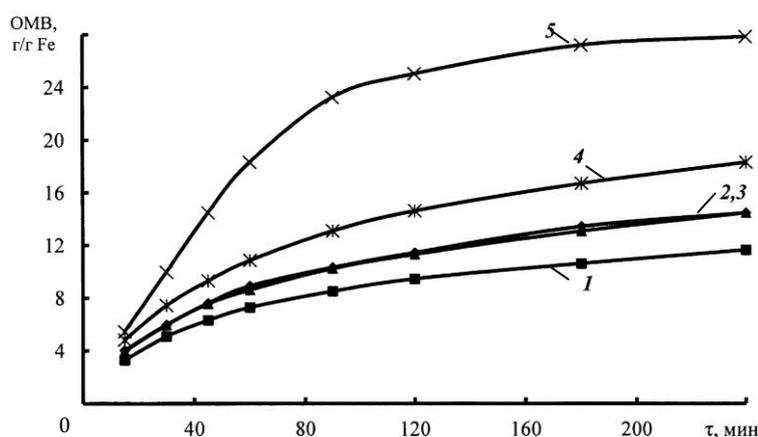


Рис. 1. Динамика формирования магнитной активности МС в зависимости от типа кислоты, использованной при нитрозировании ЛСТ: 1 – соляная, 2 – муравьиная, 3 – серная, 4 – уксусная, 5 – азотная

При использовании исходных или нитрозированных в присутствии других кислот ЛСТ образуются компактные осадки, со временем приобретающие значительно меньшую магнитную активность. Пептизация происходит не полностью, только часть осадка приобретает свойства магнитной жидкости, а в присутствии исходных ЛСТ она не наблюдается.

При нитрозировании происходит изменение функционального состава ЛСТ, в молекулах появляются нитрогруппы, связанные с ароматическими ядрами фенилпропановых единиц. Это приводит к изменению электронного спектра (рис. 2). В видимой области спектра (около 450 нм) очень сильно возрастает поглощение.

Чтобы выявить характер изменения электронных спектров, провели их математическую обработку. Из спектров щелочных растворов нитрозированных ЛСТ вычли щелочной спектр исходных ЛСТ. Полученные разностные спектры, представляющие собой интенсивные широкие полосы, приведены на рис. 3. Математически они хорошо аппроксимируются кривыми Гаусса. Результаты аппроксимации сведены в таблицу.

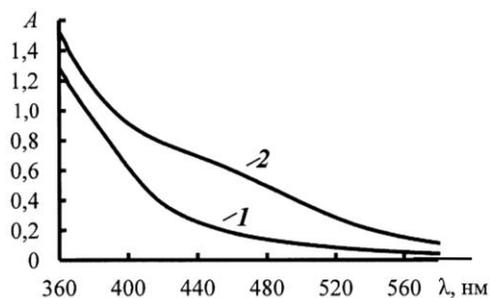


Рис. 2. Электронные спектры щелочных растворов исходных (1) и нитрозированных (2) ЛСТ

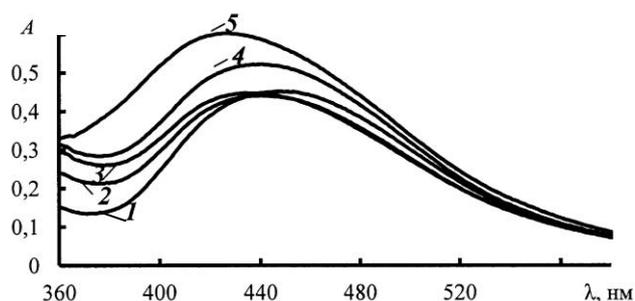


Рис. 3. Спектры вычитания щелочных растворов ЛСТ, нитрозированных в присутствии уксусной (1), серной (2), соляной (3), азотной (4) и муравьиной (5) кислот

**Характеристика полосы поглощения, появляющейся на электронном спектре  
нитрозированных ЛСТ с применением различных кислот**

Кислота	Характеристика полосы поглощения			δ, %
	Положение	Полуширина	Интенсивность	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22600	5500	0,44	1,9
HCl	22830	5500	0,45	4,5
HNO <sub>3</sub>	22750	5500	0,52	1,8
CH <sub>3</sub> COOH	22350	5150	0,45	1,1
HCOOH	23300	6100	0,60	3,1

Примечание. δ – средняя относительная погрешность аппроксимации спектра.

Оказалось, что при использовании серной, соляной и уксусной кислот новая полоса поглощения имеет практически одинаковые характеристики, за исключением ее полуширины для ЛСТ, нитрозированных с применением уксусной кислоты.

Самая интенсивная и более широкая полоса поглощения появилась на спектре нитрозированных в присутствии муравьиной кислоты ЛСТ. Максимум ее смещен в высокочастотную область спектра примерно на 1000 см<sup>-1</sup>.

Полоса поглощения на спектре ЛСТ, нитрозированных в присутствии азотной кислоты, по своим характеристикам отличается только интенсивностью поглощения.

Такие различия, по-видимому, можно объяснить тем, что нитрозирование в присутствии азотной кислоты проходит в окислительных условиях, а при использовании муравьиной кислоты – в восстановительных.

Таким образом, азотная кислота является предпочтительным реагентом для проведения нитрозирования ЛСТ. Модифицированные в этих условиях ЛСТ обладают максимальной пептизирующей способностью при синтезе МС на основе сульфата железа(II).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 568598 СССР, МКл<sup>2</sup> С 02 G 49/08. Способ получения феррожидкости / Бибик Е.Г., Лавров Н.С., Грибанов Н.М., Котомина Т.М., Варенцова Т.А.; заявитель Ленинградский технологический институт им. Ленсовета; патентообладатель Бибик Е.Г., Лавров Н.С., Грибанов Н.М., Котомина Т.М., Варенцова Т.А. Бюл. № 30, 1977.
2. А.с. 861321 СССР, МКл<sup>3</sup> С 01 G 49/08. Способ получения феррожидкости / Бибик Е.Г., Грибанов Н.М., Бузунов О.В., Гермашев В.Г.; заявитель ОКТБ «Кристалл» Ленинградского технологического института им. Ленсовета; патентообладатель Бибик Е.Г., Грибанов Н.М., Бузунов О.В., Гермашев В.Г. Бюл. № 33, 1981.
3. А.с. 966015 СССР, МКл<sup>3</sup> С 01 G 49/08. Способ получения феррожидкости / Бибик Е.Г., Бузунов О.В., Грибанов Н.М., Гермашев В.Г.; заявитель Бибик Е.Г., Бузунов О.В., Грибанов Н.М., Гермашев В.Г.; патентообладатель Бибик Е.Г., Бузунов О.В., Грибанов Н.М., Гермашев В.Г. Бюл. № 38, 1982.
4. А.с. 978860 СССР, МКл<sup>3</sup> А 61 К 33/26. Рентгеноконтрастное вещество / Цыб А.Ф., Амосов И.С., Бибик Е.Е., Грибанов Н.М., Никитина Р.Г., Рожинский М.М., Кугельмас М.К., Шаназаров К.С., Слюсаренко И.С., Граник Е.Н.; заявитель НИИ медицинской радиологии АМН СССР; патентообладатель Цыб А.Ф., Амосов И.С., Бибик Е.Е., Грибанов Н.М., Никитина Р.Г., Рожинский М.М., Кугельмас М.К., Шаназаров К.С., Слюсаренко И.С., Граник Е.Н. Бюл. № 45, 1982.

5. *Беляев Е.Ю., Гадасов Б.В.* Ароматические нитрозосоединения. Л.: Химия, 1988. 176 с.
6. *Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Краков М.С.* Магнитные жидкости. М.: Химия, 1989. 240 с.
7. Пат. 2230705 РФ, МПК<sup>7</sup> С 01 G 49/08. Способ получения магнитоактивного соединения / Беликов В.Г., Курегян А.Г., Шахшаев Ш.О., Зилфикаров И.Н.; заявитель Беликов В.Г., Курегян А.Г., Шахшаев Ш.О., Зилфикаров И.Н.; патентообладатель Пятигорская государственная фармацевтическая академия; заявл. 19.04.2000; опубл. 20.06.2004.
8. *Такемоти С., Такадзуми С.* Магнитные жидкости / пер. с яп. М.: Мир, 1993. 272 с.
9. *Elmore W.C.* Ferromagnetic colloid for studying magnetic structure // *Phys. Rev.* 1938. Vol. 54, N 4. P. 309.
10. *Elmore W.C.* The magnetization of ferromagnetic colloid // *Phys. Rev.* 1938. Vol. 54, N 12. P. 1092–1095.
11. *Kaiser R., Miskolczy G.* Magnetic properties of stable dispersions of subdomain magnetic particles // *Journal of Applied Physics.* 1970. Vol. 41, N. 3. P. 1064–1072.
12. Pat. 3215572 US USCl. 149 – 2. Low viscosity magnetic fluid obtained by the colloidal suspension of magnetic particles / Papell S.S.; № 315096; заявл. 09.10.1963; опубл. 02.11.1965.
13. Pat. 3700595 US Int. Cl. H 01 F 1/10. Ferrofluid composition / Kaiser R.; заявлено 15.06.1970; заявка № 46556; опубл. 24.11.1972.
14. Pat. 4018691 US USCl. 252/62.54. Aryl sulfonate-aldehyde composition and process for its preparation / Neal J.A.; Assignee: Georgia-Pacific Corporation; заявл. 28.08.1975; опубл. 19.04.1977.
15. Pat. 4110208 US, US. Cl. 210/695. Clarification process / Neal J.A.; Assignee: Georgia-Pacific Corporation; заявл. 24.06.1977; опубл. 29.08.1978.
16. Synthesis and characterization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanofluid / J.A. Lopez [at al]. // *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales.* 2010. Vol. 30, N 1. P. 60–66.

Поступила 30.05.11

*Yu.G. Khabarov, I.M. Babkin, V.A. Veshnjakov*

Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov

### **Acid Effect Usage for Lignosulfonates Nitrosation on Their Ability to Peptization of Magnetoactive Compounds Based on Ferrous Sulfate(II)**

Influence of conditions of nitrosation of lignosulphonate on the subsequent synthesis of magnetoactive substance possessing magnetic liquid properties on the basis of sulphate of iron(II) is considered.

*Keywords:* lignosulfonate, nitrosation, ferrous sulfate (II), magnetoactive compounds.

УДК 676.16

**М.Е. Романов, Т.А. Королева, В.И. Комаров, Л.А. Миловидова**

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

Королева Татьяна Алексеевна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, доцент кафедры информатики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 20 печатных работ в области отбелки сульфатной целлюлозы.

E-mail: tataak@mail.ru



Миловидова Любовь Анатольевна родилась в 1946 г., окончила в 1970 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 100 печатных трудов в области производства беленых волокнистых полуфабрикатов.

E-mail: lmilovidova@mail.ru



### **ВЛИЯНИЕ ПОРОДНОГО СОСТАВА И ПАРАМЕТРОВ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТВЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Исследовано влияние увеличения доли березовой древесины в составе древесного сырья при сульфатной варке на прочностные и деформационные характеристики лиственной сульфатной целлюлозы.

*Ключевые слова:* лиственная беленая целлюлоза, сульфатная варка, прочностные и деформационные характеристики целлюлозы.

Технология производства лиственной беленой целлюлозы с включением ступени кислородно-щелочной обработки позволяет использовать целлюлозу после варки с числом каппа 17...19. Результаты представленной исследовательской работы показали, что такой уровень числа каппа целлюлозы может быть получен по нескольким режимам варки (табл. 1) при использовании в качестве сырья смеси древесины березы и осины в соотношении 70:30. Для всех приведенных режимов варки не было выявлено ухудшения избирательности варочного процесса.

Для более полной оценки качества образцов целлюлозы (масса 1 м<sup>2</sup> отливки – 75 г, степень помола – 30° ШР) были определены фундаментальные, прочностные и деформационные характеристики. Результаты экспериментов приведены в табл. 2 и на рис. 1, 2.

Таблица 1

**Режимы варки лиственной древесины (соотношение березы и осины 70:30)**

№ режима варки	Параметры варки		
	Концентрация варочного щелока, г/л	Температура, °С	Продолжительность стоянки, мин
1	58	153	80
2		156	60
3		156	80
4		159	40
5		159	60
6	60	153	60
7		156	40
8		156	40

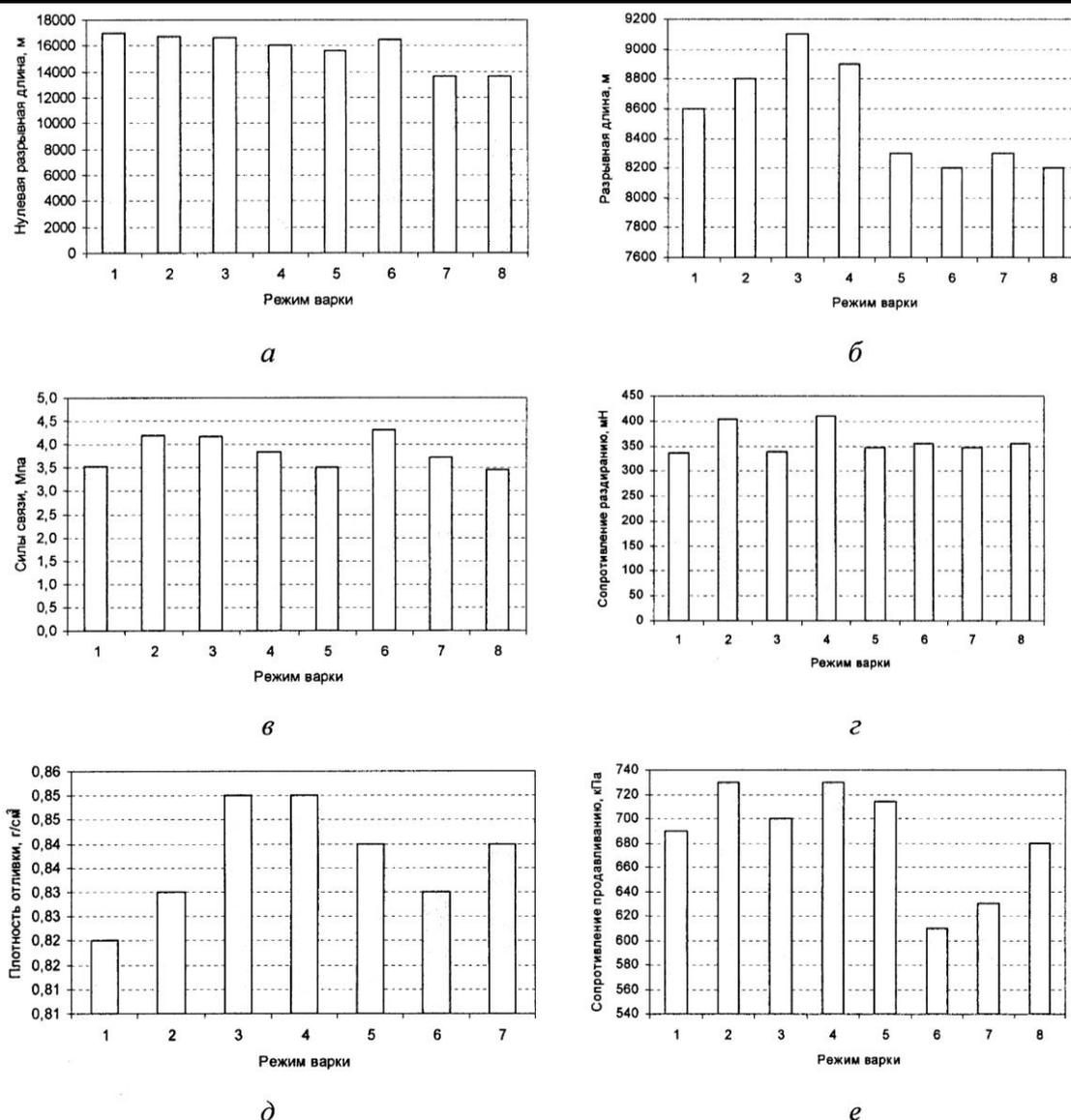


Рис. 1. Влияние режимов варки на фундаментальные (*a*, *в*, *д*) и прочностные (*б*, *г*, *е*) свойства лиственной сульфатной целлюлозы: *a* – нулевая разрывная длина, *б* – разрывная длина, *в* – силы связи, *г* – сопротивление раздиранью, *д* – плотность отливки, *е* – сопротивление продавливанию

Как видно из представленных данных, все образцы целлюлозы имели высокий уровень значений сил связи  $F_{св}$ , характерный для лиственной целлюлозы. Четкой зависимости изменения этого показателя от условий варки в данном случае не прослеживается. Можно отметить лишь некоторое снижение  $F_{св}$  для образца целлюлозы, полученного при варке с начальной концентрацией активной щелочи 62 г/л в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$  и температуре варки 156 °С.

Повышение температуры варки до 156 °С при начальной концентрации активной щелочи 60...62 г/л (табл. 2, режимы 7, 8) и проведение варки при начальной концентрации активной щелочи 58 г/л и температуре 159 °С (режим 5) сопровождается некоторым снижением прочности волокна  $L_0$ .

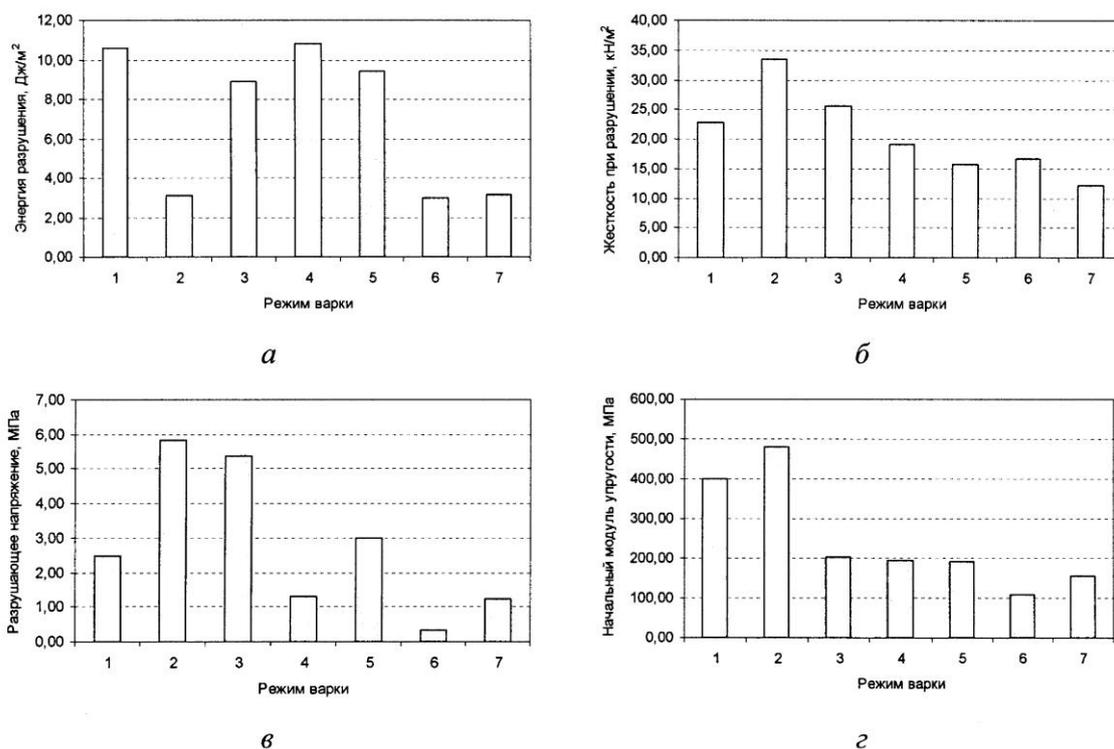


Рис. 2. Влияние режимов варки на деформационные свойства лиственной сульфатной целлюлозы: *а* – энергия разрушения, *б* – жесткость при разрушении, *в* – разрушающее напряжение, *г* – начальный модуль упругости

Снижение разрывной длины  $L$  зафиксировано только для образцов целлюлозы, полученных при варках на температуре 156 °С с высокой концентрацией активной щелочи 60 и 62 г/л и на максимальной температуре 159 °С с начальной концентрацией активной щелочи 58 г/л. Для остальных образцов целлюлозы изменение разрывной длины находилось в пределах ошибки определения.

Изменение сопротивления раздиранию и продавливанию также было незначительным и находилось в пределах ошибки определения, изменение деформационных характеристик – в пределах установленных ошибок эксперимента.

Некоторое снижение начального модуля упругости  $E_1$  и жесткости при растяжении  $S$ , зафиксировано только для образцов, полученных при проведении варки на температуре 156 °С и начальной концентрации активной щелочи 60 и 62 г/л в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$ . Для этих же образцов, снижается и разрывная длина. Заметное повышение начального модуля упругости  $E_1$  для целлюлозы, полученной при варке на температуре 156 °С, начальной концентрации активной щелочи 58 г/л и максимальной продолжительности стоянки 80 мин (режим 3), можно объяснить повышением плотности отливки  $\rho$  и, следовательно, снижением ее толщины. Этот факт подтверждается снижением сопротивления продавливанию  $R_a$ .

Таблица 2

## Влияние условий варки на характеристики лиственной сульфатной целлюлозы

№ режима варки	Параметры варки			Вязкость, мл/г	Число капля	Фундаментальные свойства			Деформационные свойства					Прочностные свойства		
	Концентрация варочного щелока Na <sub>2</sub> O, г/л	Температура, °С	Продолжительность стоянки, мин			L <sub>0</sub> , м	F <sub>св</sub> , МПа	ρ, г/см <sup>3</sup>	E <sub>1</sub> , МПа	TEA, Дж/м <sup>2</sup>	ε <sub>p</sub> , %	σ <sub>p</sub> , МПа	S <sub>l</sub> , кН/м	L, м	R <sub>a</sub> , МН	Π <sub>0</sub> , кПа
1	58	153	80	950	17,6	17000	0,82	6600	103	2,56	72,8	8600	340	690		
2		156	60	950	18,9	16700	0,83	6600	109	2,61	73,2	8800	400	730		
3		156	80	1000	18,1	16700	0,85	7600	120	2,73	75,0	9100	340	700		
4		159	40	1100	18,3	16000	0,85	6700	126	2,85	75,2	8900	410	730		
5		159	60	900	17,5	15600	0,84	6800	127	2,70	78,1	8300	350	714		
6	60	153	60	1000	17,5	16500	0,83	6400	113	3,18	69,3	8600	350	610		
7		156	40	1100	17,2	13600	0,84	—	—	—	—	8300	350	630		
8	62	156	40	1100	16,2	13600	0,82	6400	115	2,80	68,7	8200	350	680		
СКО	—	—	—	50	—	1000	—	250	7	0,20	3,0	350	50	50		

Примечание. L<sub>0</sub> – нулевая разрывная длина; F<sub>св</sub> – силы связи; ρ – плотность отливки; E<sub>1</sub> – начальный модуль упругости; TEA – энергия разрушения образца; S<sub>l</sub> – жесткость при растяжении; σ<sub>p</sub> – разрушающее напряжение; ε<sub>p</sub> – деформация; L – разрывная длина; R<sub>a</sub> – сопротивление раздиранию; Π<sub>0</sub> – сопротивление продавливанию.

С ростом начальной концентрации активной щелочи уменьшается и жесткость при растяжении  $S_t$ .

Таким образом, при проведении варки лиственной щепы, содержащей 70 % березы и 30 % осины, в интервале температур 153...159 °С и при начальной концентрации активной щелочи 58 г/л в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$  для образцов целлюлозы с числом каппа 17...19 отсутствует влияние изменения условий варки на фундаментальные, деформационные и прочностные характеристики. Некоторое снижение прочности волокна, разрывной длины и некоторых деформационных характеристик ( $E_1$ ,  $S_t$ ) происходит при одновременном повышении температуры варки до 156 °С и начальной концентрации активной щелочи до 60...62 г/л.

Поступила 13.04.11

*M.E. Romanov, T.A. Korolyova, V.I. Komarov, L.A. Milovidova*  
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

**The Effect of Species Selection and Kraft Pulping Parameters on Strength and Deformation Characteristics of Hardwood (HW) Pulp.**

The effect of birchwood on strength and deformation characteristics in the process of kraft pulping has been investigated.

*Keywords:* hardwood, bleached pulp, kraft pulping, strength and deformation characteristics of pulp.



УДК 334.732.2

*Г.А. Кируца*

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

Кируца Галина Алексеевна родилась в 1946 г., окончила в 1969 г. Казанский финансово-экономический институт, доцент кафедры финансов и кредита Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 8 печатных работ по проблемам функционирования банковской системы, развития потребительского кредитования.  
E-mail: galina kirutsa@yandex.ru



## КРЕДИТНАЯ КООПЕРАЦИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Предложен порядок расчета стабильности привлеченных кредитным кооперативом средств, а также платежеспособности заемщика, его поручителей при оформлении займа. Предложены организационные меры по развитию кредитной кооперации.

*Ключевые слова:* кредитные потребительские кооперативы, развитие, организационные меры.

В настоящее время в России 96 % кредитных организаций – это банки, осуществляющие полный спектр банковских услуг. Функционирование кредитного и денежного рынка выдвигает проблему становления кредитной кооперации как одного из направлений кредитования малого предпринимательства и населения.

Развитие кооперативного движения зависит от таких факторов внешней среды, как общеэкономическая ситуация в стране и регионе (уровень занятости, темпы инфляции и др.), географическая и территориальная среда, конкуренция со стороны других финансовых институтов. Факторами внутренней среды являются доверие населения, размер процентных ставок по привлеченным средствам и предоставленным займам, их сроки.

По результатам обследования, проведенного организацией Национального партнерства участников микрофинансового рынка (НАУМИР), на 1 января 2010 г. рынок микрофинансовых услуг в части предоставления займов кредитными кооперативами оценивался в 23 млрд р., из которых примерно 45 % – займы, выдаваемые на развитие бизнеса, остальная часть – на потребительские нужды [2].

Точное число кооперативов в РФ назвать пока сложно. По экспертным оценкам, функционирует 600...800 организаций с ежегодным оборотом около 30 млрд р. Точное число может быть известно позднее, когда все кооперативы станут членами одной из саморегулируемых организаций и представят данные Минфину РФ.

В настоящее время кредитные потребительские кооперативы РФ оказывают следующие услуги и операции: принимают паевые взносы и формируют паевые фонды, выдают займы пайщикам, оказывают консультационные услуги, размещают временно свободные денежные средства на депозитных счетах в банках и т. д.

Можно назвать четыре основные причины, объясняющие необходимость развития кредитной кооперации:

отсутствие банковских офисов в малых городах, селах и рабочих поселках;

необходимость небанковского кредитования малого бизнеса, особенно на начальной стадии предпринимательской деятельности, когда потребность в заемных средствах велика, а возможности получить их в коммерческих банках нет;

недостаток денежных поступлений для финансирования текущей деятельности по предприятиям лесопромышленного комплекса, что сдерживает рост производства, кредиты коммерческих банков не способны в полном объеме восполнить этот недостаток;

потребность населения, в том числе работников предприятий лесопромышленного комплекса, в размещении временно свободных денежных средств.

Сказанное можно подтвердить на примере Архангельской области. По числу банковских учреждений в расчете на 1 млн жителей область занимает 58 место из 78 субъектов. На одного жителя приходится 3 счета в банке, включая счета банковских вкладов.

Проведенный анализ группировки сети коммерческих банков свидетельствует о их неравномерном размещении. В областном центре расположено 35,3 % общего числа, в Северодвинске – 13,3 %, в пятнадцати муниципальных образованиях – 17,0 % (большинство в районных центрах), еще в семи – 3 %.

В области зарегистрирован 51 кредитный кооператив граждан, но треть их не работают. Только в 2010 г. зарегистрировано 12 кооперативов. Только в территориальном разрезе кооперативы размещены неравномерно: в Архангельске – 23, в Северодвинске – 15, в Каргополе – 3, в Холмогорах, пгт. Вычегодском, Новодвинске и Коряжме – по одному.

В Архангельской области в пользу развития кредитной кооперации свидетельствует тот факт, что в среднемесячная начисленная заработная плата в настоящее время невысока и равна 23 651 р. (а без Ненецкого автономного округа – 21 114 р.), в том числе в лесном хозяйстве – 14 266 р., в деревообработке и производстве изделий из дерева 13 049 р., целлюлозно-бумажном – 23 027 р. [4]. Накопление сбережений во вкладах и ценных бумагах составляет чуть более 4 %. На руках у населения ежегодно остается примерно 12 %, или более 33 млн р. ежемесячно. Эти деньги могут быть привлечены кредитными потребительскими кооперативами с выплатой дохода вкладчикам.

Одной из трудностей развития кредитной кооперации является недостаточная грамотность населения в целях обеспечения своего финансового благополучия. Другая проблема – слабая поддержка органов власти в части субсидирования процентной ставки по малому бизнесу по займам, полученным в кредитных кооперативах. Она выше, чем в коммерческих банках.

В ходе исследования выявлены слабые и сильные стороны коммерческого банка и кредитного потребительского кооператива по привлечению денежных средств физических лиц и их размещению в кредиты (займы) (см. таблицу).

Данные таблицы свидетельствуют о таких слабых сторонах в деятельности кредитного потребительского кооператива, как высокая ставка по займам. Это связано с тем, что кооператив находится не в одинаковых условиях с коммерческим банком, так как он не имеет бесплатных ресурсов в виде остатков средств на расчетных счетах клиентов.

**Сравнительная характеристика деятельности коммерческого банка  
и кредитного потребительского кооператива**

Субъект сравнения	Привлечение денежных средств		Размещение средств в кредиты (займы)	
	Слабая сторона	Сильная сторона	Слабая сторона	Сильная сторона
Коммерческий банк	Низкая процентная ставка по вкладам	Участие в системе страхования вкладов физических лиц. Развитость сети. Возможность эмиссии банковских карт	Длительный срок рассмотрения заявки, большой объем документации. Установление банком высокого дисконта при оценке предмета залога. Консервативная кредитная политика	Более низкая процентная ставка за кредит. Наличие кредитных продуктов с длительным сроком кредитования. Наличие кредитной истории, регламентов по определению платежеспособности заемщика и его поручителей
Кредитный потребительский кооператив	Неразвитость сети, недоверие населения в связи с фактами банкротства кооперативов	Более высокая и стабильная ставка по сбережениям	Высокая процентная ставка по займу. Ограниченная сумма и срок займа (до 3 лет). Узкая линейка займов. Отсутствие кредитной истории	Короткий срок рассмотрения заявки на займ. Упрощенная схема получения займа

В целях снижения рисков, обеспечения ликвидности кредитного кооператива и защиты интересов вкладчиков необходимо оценивать стабильность привлеченных средств, рассчитывая средний срок хранения вкладного рубля [3]. Этот показатель определяется по формуле

$$C = (O/B)D,$$

где  $C$  – средний срок хранения, дн.;

$O$  – средний остаток сбережений;

$B$  – оборот по выдаче;

$D$  – число дней в анализируемом периоде.

Значение показателя может служить ориентиром при установлении срока предоставления займов.

Риск невозврата займа снижается при оценке платежеспособности заемщика, его поручителей на основании данных о среднемесячном совокупном чистом доходе заемщика и членов его семьи [1]. Платежеспособность ( $P$ ) определяется на момент обращения за займом и рассчитывается по формуле

$$P = D_{\text{ч}}kt,$$

где  $D_{\text{ч}}$  – среднемесячный совокупный чистый доход;

$k$  – коэффициент, зависящий от величины  $D_{\text{ч}}$  (определяет кредитный кооператив);

$t$  – срок займа, мес.

Максимальный размер займа ( $S$ ) на основе платежеспособности заемщика рассчитывается следующим образом:

$$S = \frac{P}{1 + \frac{i_{\text{ст}} t}{12 \cdot 100}},$$

где  $i_{\text{ст}}$  – ставка, % годовых.

Для развития кредитной кооперации и повышения доступности финансовых услуг, по мнению автора, представляются целесообразными следующие организационные меры:

- 1) повышение грамотности населения для принятия правильных решений по обеспечению своего финансового благополучия;
- 2) проведение информационных и рекламных мероприятий по популяризации кредитной кооперации среди субъектов малого бизнеса и граждан, одновременное расширение сети дополнительных офисов, действующих кредитных кооперативов;
- 3) прямая финансовая помощь органов государственной власти кредитным кооперативам в форме предоставления бюджетных ссуд на льготных условиях для последующего размещения в займы малому бизнесу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казимагомедов А.А., Гаджиев А.А. Деньги, кредит, банки: учеб. М.: «Экзамен», 2007. 559 с.
2. Кредитные кооперативы: новая история [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kredit-union.ru/art/007.doc>.
3. Панова Г.С. Кредитная политика коммерческого банка: учеб. М.: ИКЦ «ДИС», 1997. 464 с.
4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Архангельской области, 2010. [Электронный ресурс]. URL: <http://arhangelskstat.ru/>

Поступила 22.04.10

**G.A. Kirutsa**

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

#### **Credit Cooperatives Problems and Prospects of Development**

Activities of credit consumer cooperatives in the Russian Federation and the factors influencing the development of the cooperative movement have been considered. The necessity of development of credit cooperatives has been grounded. Organizational measures to eliminate problems have been suggested.

*Keywords:* credit consumer cooperatives, development, organizational measures.

УДК 331.221.123

**Д.В. Лыков, Я.Ф. Молнар**

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

Лыков Дмитрий Валериевич родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры менеджмента Института экономики, финансов и бизнеса Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, начальник планово-бюджетного отдела ОАО «Соломбальский ЦБК». Имеет 2 печатные работы в области экономики и управления промышленными предприятиями.

E-mail: dmitry.lykov@gmail.com

Молнар Янош Ференцович родился в 1937 г., окончил в 1966 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, профессор кафедры менеджмента Института экономики, финансов и бизнеса Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 60 печатных работ в области менеджмента, экономики и организации лесной промышленности.

Тел.: 8-921-086-11-77



## РЕФОРМИРОВАНИЕ ТАРИФНОЙ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Обоснована актуальность разработки и внедрения на лесозаготовительных предприятиях единой тарифной сетки для оплаты труда всех категорий рабочих. Определены условия и принципы ее построения, представлены ожидаемые выгоды от применения.

*Ключевые слова:* единая тарифная сетка, тарифная ставка, тарифные коэффициенты, оплата труда, межразрядная разница.

Одним из наиболее важных вопросов в сфере хозяйственной деятельности любого предприятия является оплата труда работников. Заработная плата – неотъемлемая часть системы стимулирования персонала, который оказывает существенное влияние на процесс производства.

Системы оплаты труда, применяемые на лесозаготовительных предприятиях, претерпели незначительные изменения с советского времени. Последнее значительное реформирование системы оплаты труда в лесном комплексе, вызванное необходимостью пересмотра тарифных ставок и повышения гибкости тарифной системы, было предпринято в 1986 г. (приказ № 345 «О совершенствовании организации заработной платы и введении новых тарифных ставок и должностных окладов работников производственных отраслей народного хозяйства»). Тогда ставились такие цели: повысить долю тарифа в заработной плате рабочих, обеспечить прямую связь заработной платы с результатами труда, ликвидировать уравнильность, сделать систему оплаты труда доступной и ясной для понимания каждого работника.

Однако в результате коренных экономических и политических преобразований, произошедших на рубеже 1990-х гг., эти цели не были достигнуты, но предприятия получили большую свободу в вопросах организации заработной платы [2]. Теперь они самостоятельно выбирают формы и системы оплаты, устанавливают размеры должностных окладов и показатели премирования. Государство оставляет за собой регулирование минимального размера оплаты и создание равных возможностей по выделению средств на оплату труда на государственных предприятиях [1].

В настоящее время системы оплаты труда, применяемые на предприятиях ЛПК, нуждаются в последовательном реформировании, так как не способствуют в

полной мере росту производительности труда работников. Без всякого преувеличения можно сказать, что грамотная организация заработной платы вызывает заинтересованность работников в увеличении результативности труда, повышении квалификации и, как следствие, способствует достижению планируемых экономических показателей.

В связи с многоотраслевым характером в ЛПК применяются разные тарифные сетки. Они подразделяются по видам производств (основные, вспомогательные, подсобные), а внутри основного производства по видам работ (на лесосеках, на других лесозаготовительных и лесосплавных работах с выделением нормальных и тяжелых условий труда). На работах как с нормальными, так и с тяжелыми условиями труда используются тарифные сетки для рабочих, занятых на сдельной оплате труда и на повременной.

Таким образом, только на основном производстве насчитывается пять различных тарифных сеток, отдельные – при оплате труда рабочих на ремонте. При наличии на лесозаготовительных предприятиях деревообрабатывающего производства и лесохозяйственной деятельности их еще больше. На транспорте применяются свои тарифные сетки в зависимости от грузоподъемности транспортных средств, классности и т.д.

Такое разнообразие тарифных сеток представляется весьма нецелесообразным. Во-первых, все используемые тарифные ставки отличаются друг от друга незначительно, а значит, их применение в пределах одной отрасли промышленности экономически и организационно невыгодно. Во-вторых, в настоящее время весь спектр тарифных ставок не используется, как ранее, поскольку предприятия стремятся упростить всю систему оплаты труда.

В лесозаготовительном производстве разрешить указанную проблему можно путем сокращения числа тарифных сеток и внедрения единой тарифной сетки для всех видов работ. В процессе преобразования, безусловно, необходимо сохранить разницу между тарифными ставками, отражающими сложность труда и квалификацию работника.

Преимуществами предлагаемой единой сетки для оплаты труда являются: достижение единообразия в организации оплаты труда работников предприятия; создание заинтересованности у работников к профессиональному и карьерному росту;

упрощение организации, планирования, учета и отчетности по заработной плате.

При разработке единой тарифной сетки ключевым моментом является установление числа разрядов [4]. В наиболее распространенной сейчас шестиразрядной тарифной сетке с тарифными коэффициентами по разрядам 1,00; 1,09; 1,20; 1,36; 1,55; 1,80 разница 9 % между I и II разрядами возрастает до более чем 16 % между V и VI разрядами, а в абсолютном выражении разница между тарифными ставками превышает 3-4-кратную. Такое построение тарифных сеток создает у рабочих материальный стимул к повышению своей квалификации и выполнению более сложных работ.

Поскольку для разных видов работ применяется большее число тарифных ставок, количество разрядов не может оставаться равным шести, так как межразрядная разница значительно возрастает. Поэтому целесообразно принять за основу двенадцатиразрядную тарифную сетку. При этом должны выполняться следующие условия для оплаты труда рабочих лесозаготовительных предприятий:

1) сохраняться привычная для рабочих разница часовой тарифной ставки между смежными разрядами и шестиразрядная система тарификации работ;

2) обеспечиваться условия применения в прежнем режиме Единого тарифно-квалификационного справочника (ЕТКС), регламентирующего порядок присвоения разрядов рабочим и стимулирующего повышение их квалификации;

3) предлагаемая двенадцатиразрядная тарифная сетка должна быть кратна прежней шестиразрядной.

Поскольку действующая в настоящее время шестиразрядная тарифная сетка предусматривает превышение максимального размера часовых тарифных ставок над минимальным в 1,8–1,9 раза, то при создании единой двенадцатиразрядной тарифной сетки оно должно составлять 3,6–3,8 раза. Предлагаемая сетка построена по принципу прогрессивного абсолютного и равномерного относительного нарастания тарифных коэффициентов, межразрядная разница равна 13 %.

При переходе от шестиразрядных тарифных сеток к единой двенадцатиразрядной необходимо разработать соотношение между действующими и новыми разрядами, чтобы определить порядок их присвоения. Поэтому в процессе установления рабочим новых разрядов необходимо руководствоваться следующими принципами:

каждому старому разряду может соответствовать только один новый, тот же или более высокий, чтобы не нарушить действующий порядок присвоения разрядов рабочим;

значения новых часовых тарифных ставок могут быть равны или больше старых, но не при каких условиях не меньше их.

Минимальная часовая тарифная ставка принимается из расчета соответствия начисленной заработной платы рабочего первого разряда прожиточному минимуму, установленному для данного региона [3].

Введение ЕТС с равномерным нарастанием оплаты по разрядам позволит упростить организацию заработной платы. В рамках предприятия будет применен единый масштаб определения ценности труда работников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волгин Н.А. Оплата труда: производство, социальная сфера, государственная служба. Анализ, проблемы, решения. М.: Экзамен, 2004. 224 с.

2. Гончаров В.Н., Радомский С.И., Радомская М.С. Организация оплаты труда на предприятиях и в организациях в период перехода к рыночной экономике. Луганск: ВУГУ, 1998. 168 с.

3. Роцин С.Ю., Разумова Т.О. Экономика труда (экономическая теория труда). М.: ИНФРА-М, 2000. 400 с.

4. Яковлев Р.А. Оплата труда в организации. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МЦФЭР, 2005. 528 с.

Поступила 05.07.10

*D.V. Lykov, Ya.F. Molnar*

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

#### **Reformation of Rating Payment System at Forest-industry Enterprises**

The actuality of the development and introduction of unified payment system for the labour of all categories of workers is substantiated. The conditions and principles of its formation are defined, the expected operating benefits are provided.

*Keywords:* unified rating payment system, tariff rate, tariff coefficients, remuneration of labor, difference between the categories.

УДК 630\*8

**С.Е. Грязнов<sup>1</sup>, Ю.В. Кузминых<sup>2</sup>, Ю.К. Богачев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>С.-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства

<sup>2</sup>С.-Петербургский им. В.Б. Бобкова филиал Российской таможенной академии

<sup>3</sup>Российский университет дружбы народов

Грязнов Сергей Ефимович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат экономических наук, доцент, начальник управления планирования НИОКР СПбНИИЛХ. Имеет около 125 печатных работ в области экономики управления в лесном секторе.  
Тел.: 7-921-904-47-29



Кузминых Юлия Валерьевна родилась в 1967 г., окончила в 1989 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой международных экономических отношений С.-Петербургского им. В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии.  
Тел.: 8-921-912-97-29



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



## **ОЦЕНКА И ИЗМЕРЕНИЕ НЕЛЕГАЛЬНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВОК В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Рассмотрена сущность понятия «нелегальная заготовка древесины», а также основные отрицательные последствия нелегальной заготовки древесины для лесного сектора и экономики страны в целом, дан анализ причин нелегальных лесозаготовок по субъектам и объектам лесопользования.

*Ключевые слова:* нелегальная заготовка древесины, нарушение лесного законодательства, нормативная база, порядок получения прав на заготовку древесины, лесопользование, лесовосстановление, уход за лесом, лесная инфраструктура.

Основное определение понятия «незаконная порубка» было дано Постановлением Пленума Верховного суда Российской Федерации от 5 ноября 1998 г. № 14 «О практике применения судами законодательства об ответственности за экологические правонарушения»: «Под незаконной порубкой следует понимать рубку деревьев, кустарников и лиан без лесорубочного билета, ордера или рубку по лесорубочному билету, ордеру, выданному с нарушением действующих правил рубок, а также рубку, осуществляемую не на том участке или за его границами, сверх установленного количества, не тех пород или не подлежащих рубке деревьев, кустарников и лиан, как указано в лесорубочном билете, ордере, до или после установленных в лесорубочном билете, ордере сроков рубки, рубку деревьев, кустарников и лиан, запрещенных к рубке Правилами отпуска древесины на корню в лесах Российской Федерации, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июня 1998 г. № 551, или после вынесения решения о приостановлении, ограничении или прекращении деятельности лесопользователя или права пользования участком лесного фонда».

Данное определение было исчерпывающим в период действия Лесного кодекса 1997 г. С введением Лесного кодекса 2006 г. (ФЗ-200) определение незаконной порубки, по нашему мнению, не может быть использовано, так как отменены лесорубочные и лесные билеты, лесные ордера и Правила отпуска леса на корню.

В отчетности органов управления лесного хозяйства субъектов РФ нет требования представлять полные сведения об объемах нелегально заготовленной древесины. Форма 082305 «Сведения о нарушениях при использовании лесов в целях заготовки древесины, уходе за лесами и выполнении лесохозяйственных работ» ежеквартально включает следующие позиции:

- площади лесосек с нарушениями правил заготовки древесины;
- площади лесосек с нарушениями правил ухода за лесом;
- площади подроста и молодняков, подлежащих сохранению;
- площади недорубов;
- заготовка древесины с нарушением установленных возрастов рубок;
- рубка семенников.

Показатели	Всего	В том числе				
		на арендуемых лесных участках	по договорам купли – продажи	по договорам постоянного (бессрочного) пользования	по контрактам на выполнение лесохозяйственных работ	на участках, предоставленных по решению органа власти
Площадь лесосек	6640,1	6511,5	82,4	0,1	45,5	0,6
Выявлено лесосек с нарушениями правил:						
заготовки древесины	88,6	59,9	23,8	0	4,8	0,1
ухода за лесами	7,4	5,2	1,2	0	1,0	0
Площадь неочищенных лесосек	6,6	3,6	2,7	0	0,3	0
Наличие подлежащего сохранению подроста и молодняка на лесосеках, поступивших в рубку	566,7	526,4	31,8	0	8,5	0
Уничтожено подроста и молодняка, подлежащего сохранению	0,3	0,3	0	0	0	0
Оставлено недорубов	426,8	277,8	140,1	0	8,8	0,1
Остатки невывезенной древесины, подлежащей реализации	144,3	116,8	24,7	0	2,3	0,5
Брошено древесины на местах рубок	105,3	72,0	29,8	0	3,5	0
Заготовлено древесины с нарушением установленных возрастов рубок	0	0	0	0	0	0
Рубка семенников	15,9	13,4	2,2	0	0,3	0

Эти виды нарушений дифференцированы:

по площадям, переданным в аренду;

по договорам купли – продажи;

по контрактам на выполнение лесохозяйственных работ;

по лесным участкам, предоставленным органами власти.

Таким образом, статистика, собираемая Рослесхозом, учитывает в основном площади лесных участков, на которых допущены нарушения требований норм и правил заготовки древесины и лесовосстановления.

В таблице приведены данные о лесонарушениях при заготовке древесины, уходе за лесами и выполнении лесохозяйственных работ в Северо-Западном федеральном округе за 2009 г. (тыс. га).

Анализ данных таблицы позволяет сделать заключение, что в 2009 г. на Северо-Западе было заготовлено около 16 млн м<sup>3</sup> древесины с нарушением действующих норм и правил рубок, что составляет примерно 35 % от общего объема лесозаготовок в регионе.

По данным об охране лесов от нарушений лесного законодательства в Северо-Западном регионе в 2009 г. выявлено 6310 лесонарушений, ущерб от которых равен 3936,6 млн р., в том числе 4631 случай незаконных рубок объемом 229,2 тыс. м<sup>3</sup> при среднем объеме случая 50 м<sup>2</sup>, ущерб составил 2384,3 млн р.

Для сравнения отметим, что в 2007 г. объем незаконных рубок был в 2 с лишним раза меньше (104,7 тыс. м<sup>3</sup> при среднем объеме выявленного случая 60 м<sup>3</sup>).

По разным оценкам в период 2007–2009 гг. доля незаконных лесозаготовок в РФ составляла 10...25 % от общего объема лесозаготовок.

На основании приведенной выше статистики оценка незаконных заготовок древесины должна быть выполнена в двух измерениях:

заготовка древесины без каких-либо разрешительных документов;

заготовка древесины с нарушением действующих норм и правил, регламентирующих условия лесозаготовительной деятельности.

Таким образом, план действий по снижению уровня незаконных рубок должен быть разработан для каждого измерения.

Статистические данные показывают, что большая часть «незаконных рубок» приходится на второе измерение.

Кроме того, для выяснения причин, влияющих на объемы незаконно заготовленной древесины, необходимо рассмотреть причины незаконной рубки по субъектам и объектам.

Субъектами незаконной заготовки древесины являются физические и юридические лица, объектами – участки лесного фонда.

Основными причинами незаконной заготовки древесины, осуществляемой физическими лицами, являются низкий жизненный уровень населения в лесных и сельских районах; наличие постоянного спроса на дешевую древесину, заготовленную нелегальным путем; отсутствие понятных и простых процедур получения права заготовки древесины для местного населения; слабость государственной лесной охраны, контроля и надзора за происходящим в лесу.

Фактически незаконная заготовка древесины гражданами – это кража леса на корню. В силу причин социально-экономического характера и ментальности населения незаконная заготовка не воспринимается как кража, поскольку лесные ресурсы считаются даром природы, общенародным достоянием.

Запутанность и противоречивость лесного законодательства, сложность устройства государственных органов управления лесами и др. ведут к тому, что граждане прибегают к незаконным рубкам даже тогда, когда официальная стоимость древесины ничтожно мала.

Для того, чтобы получить разрешение на заготовку древесины для собственных нужд (купить право на ее заготовку), необходимо потратить значительное время, а иногда и значительные средства на поездку в ближайшее лесничество или другой административный орган, т.е. незаконно срубить оказывается проще, чем законно купить. Именно это служит основной причиной самовольной, т.е. незаконной заготовки древесины гражданами для собственных нужд.

Безработица в лесных деревнях и поселках, безысходность (невозможность нахождения законных средств к существованию или переселения в более благополучные условия) вынуждают граждан заниматься незаконными заготовками древесины, если даже они приносят им невысокие доходы и связаны с риском наказания. За время, истекшее после распада СССР, потеря занятости в лесной отрасли составила около 1,1 млн чел. Большая часть этого сокращения пришлась именно на лесные деревни и поселки, где альтернативные варианты занятости обычно отсутствуют. В настоящее время занятость в лесном секторе снижается примерно на 10 % в год в связи с неизбежным техническим перевооружением отрасли. Реформа лесной отрасли, основанная на новом лесном законодательстве, ускорила этот процесс. Значительная часть сокращенных сотрудников вынуждена искать себе новые источники доходов.

Объемы незаконной заготовки древесины местным населением не столь существенны и по разным оценкам составляют до 3 млн м<sup>3</sup> (не более 2 % от объема всей заготовленной древесины).

Более сложным является вопрос нелегальной заготовки юридическими лицами. Для них факторами, влияющими на уровень незаконной заготовки древесины, являются сложные административные процедуры получения права заготовки древесины на конкретном лесном участке в случае его аренды; экономическая необоснованность лесоводственных норм и требований по технологии проведения лесозаготовительных работ, объему допустимой заготовки древесины и последующих работ по лесовосстановлению и уходу за лесом на лесных делянках, пройденных лесозаготовкой; налоговые последствия и все фискальные платежи, связанные с декларацией выполненных объемов работ по заготовке древесины.

К объектам незаконной заготовки древесины, как правило, относятся лесные участки высокой товарности, находящиеся в транспортной доступности. Учитывая сильную истощенность лесного фонда в зоне эксплуатационных лесов, объектами незаконной рубки выступают лесные участки, отнесенные к различным категориям защитных лесов.

Действующая нормативная база практически исключает возможность легальной заготовки древесины в защитных лесах или делает ее нерентабельной.

Причины и факторы, влияющие на объемы нелегальных лесозаготовок и оборот нелегально заготовленной древесины, а также их последствия отражены в С.-Петербургской декларации Министерской конференции по проблемам правоприменения и управления в лесном секторе.

Порядок получения прав на заготовку древесины определен Лесным кодексом РФ. Заготовку древесины могут осуществлять юридические лица и граждане на условиях договоров:

аренды лесных участков;  
купли – продажи;  
постоянного (бессрочного) пользования;  
по контрактам на выполнение лесохозяйственных работ;  
на участках, предоставленных по решению органа власти.

Основные объемы лесозаготовок проводятся на площадях, переданных в аренду. Официальная статистика показывает, что незаконная заготовка древесины на 80 % сосредоточена на арендованных лесных участках.

Лесопользователи, имеющие арендные договора, обязаны до выполнения работ по заготовке древесины иметь утвержденный проект освоения лесного участка на 10 лет и ежегодно представлять лесную декларацию. Работы по заготовке древесины должны выполняться в соответствии с Правилами заготовки древесины (утверждены Приказом МПР РФ № 184 от 16.07.2007 г.) и Правилами ухода за лесом (утверждены Приказом МПР РФ № 185 от 16.07.2007 г.). Лесопользователи, осуществляющие заготовку древесины на условиях аренды, также обязаны исполнять все правила и нормы, связанные с последующим лесовосстановлением, охраной и защитой лесных участков, переданных в аренду.

Действия Лесного кодекса РФ в полном объеме требований в отношении арендованных лесных участков вступили силу с 2010 г. Короткий период реформирования лесных отношений определил низкое качество новых нормативных актов, регламентирующих порядок заготовки древесины.

Основная причина незаконной заготовки древесины на арендованных участках – экономическая неопределенность расходов арендатора по арендным платежам (а), затратам на выполнение работ, связанных с лесовосстановлением, уходом за лесом, охраной и защитой леса (б), создание лесной транспортной инфраструктуры (в):

а) в соответствии с нормами Гражданского кодекса РФ в договоре аренды лесного участка должна быть заложена формула цены ежегодной арендной платы, а также учтена возможность использования лесного участка для различных видов пользования;

б) в каждом договоре аренды лесного участка должны быть определены источники и порядок возмещения затрат на лесовосстановление, уход за лесом, охрану и защиту лесов;

в) в соответствии с Лесным кодексом арендатор вправе создавать лесную транспортную инфраструктуру, которая необходима для выполнения работ по заготовке древесины, ведению лесного хозяйства; особой проблемой является создание лесной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей требования пожарной безопасности лесных участков.

Транспортная инфраструктура для обеспечения пожарной безопасности должна создаваться за счет субвенций федерального бюджета. Однако лесной участок, как правило, имеет единую сеть лесной транспортной инфраструктуры. В договоре аренды и проекте освоения лесного участка должны быть определены:

нормативы создания сети лесной транспортной инфраструктуры;

правовой статус лесных дорог;

порядок создания лесной инфраструктуры;

права пользования элементами лесной инфраструктуры участниками лесных отношений;

источники финансирования, создания и содержания отдельных элементов лесной инфраструктуры.

Правовая экономическая неопределенность статуса элементов лесной транспортной инфраструктуры, условий ее создания, содержания и эксплуатации – причины, сдерживающие развитие транспортного освоения новых лесных участков и, как следствие, способствующие незаконной заготовке древесины на лесных участках в зоне высокой транспортной доступности.

Основным документом, определяющим стратегию заготовки древесины на 10-летнюю перспективу, является проект освоения лесного участка. Данный документ раскрывает порядок и технологию заготовки древесины и должен быть разработан на основании требований лесохозяйственного регламента лесничества, на территории которого находится лесной участок.

К сожалению, лесохозяйственные регламенты лесничеств и лесопарков разработаны на старых лесохозяйственных нормативах, не учитывающих рыночные условия хозяйствования арендаторов. Требования лесохозяйственных регламентов приводят к плановому увеличению объема работ, связанных с последующим лесовосстановлением и уходом за лесом в проектах освоения лесных участков. Основные лесонарушения связаны с тем, что фактическая заготовка древесины не соответствует объемам и структуре установленной расчетной лесосеки; фактические объемы и виды лесовосстановления не соответствуют требованиям Правил лесовосстановления; фактические объемы, структура и интенсивность рубок ухода не соответствует Правилам ухода за лесом.

Правила заготовки древесины и Правила ухода за лесом по своему содержанию в основном повторяют ранее действовавшие Правила рубок главного и промежуточного пользования, которые были разработаны для условий централизованной экономики СССР, технологий заготовки и ухода за лесом, ориентированных на лесные машины и оборудование периода середины 1970–1980-х гг.

Кроме того, работы, связанные с заготовкой древесины и уходом за лесом, ориентированы на нормы и нормативы интенсивного ведения лесного хозяйства без учета рыночных механизмов и изменения структуры спроса на древесное сырье для развития технологий деревоперерабатывающих производств и химической переработки древесины. Уход за лесом был нацелен на выращивание хвойных пород с высоким возрастом рубки главной породы.

В соответствии с Лесным кодексом (ст. 15, ч. 4) возрасты рубок лесных насаждений, правила заготовки древесины и иных лесных ресурсов, правила пожарной безопасности в лесах, правила санитарной безопасности в лесах, правила лесовосстановления и правила ухода за лесами устанавливаются для каждого лесного района.

Лесное районирование должно базироваться на научно обоснованной методологии. В основе лесного районирования лежит, прежде всего, экономическое районирование лесных территорий в рамках лесорастительных зон (лесорастительное районирование).

Российская Федерация, подписав С.-Петербургскую декларацию Ministerской конференции по проблемам правоприменения и управления в лесном секторе, согласилась, что область правоприменения и управления в лесном секторе – сложный межотраслевой вопрос, чувствительный в экономическом, экологическом, социальном и политическом смыслах и требующий эффективного сотрудничества различных органов государственной власти и других заинтересованных сторон, а также, что развитие рыночной экономики, изменение роли государства и частного сектора ставят перед структурами, ответственными за управление лесами, новые задачи и требуют корректировки политики, правовых и институциональных основ.

Основные отрицательные последствия для лесного сектора и экономики в целом: потеря доходов для государства и частного сектора и источников дохода для местного населения;

деградация лесных экосистем, биоразнообразия и мест обитания диких видов флоры и фауны, в том числе и в особо охраняемых территориях;

увеличение опасности лесных пожаров;

уменьшение вклада лесов в выполнение согласованных на международном уровне задач в области развития, направленных на повышение благосостояния населения за счет сокращения бедности.

Поступила 30.05.11

*S.E. Gryaznov<sup>1</sup>, Yu.V. Kuzminikh<sup>2</sup>, Yu.K. Bogachyov<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>St. Petersburg Research Forestry Institute

<sup>2</sup>St. Petersburg Branch of the Russian Customs Academy named after V. B. Bobkov

<sup>3</sup>Russian University of the Friendship of the Peoples

### **Assessment and Measurements of Illegal Logging Scale in Industrial Forestry of the Russian Federation**

The essential notion “illegal logging” has been considered, the analysis of illegal logging with regard to its subjects and objects has been given. Also the basic negative consequences of illegal logging for industrial forestry and economics on the whole have been regarded.

*Keywords:* illegal logging, violation of forest laws, normative base, the procedure of obtaining the rights to harvest timber, forest use, restoration, maintaining forest, forest infrastructure



УДК 674.053:621.935

**Г.Ф. Прокофьев, М.В. Дербин**

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

Дербин Михаил Васильевич родился в 1986 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры прикладной механики и основ конструирования Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов – совершенствование лесопильного оборудования и инструмента.  
тел.: 8-921-919-63-85



### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОТЖИМНЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ**

Теоретически показано, что в зависимости от типа направляющих, устанавливаемых в ленточнопильных станках, при одинаковом прогибе значительно изменяются напряжения, возникающие в пиле; предложены формулы для определения прогиба любой точки полотна ленточной пилы и возникающего в ней напряжения.

*Ключевые слова:* точность пиления, ленточные пилы, отжимные направляющие, напряжение пилы, прогиб пилы, долговечность.

Широкое применение ленточнопильных станков в лесопилении сдерживается малой точностью пиления древесины при больших скоростях подачи и недостаточной долговечностью пил.

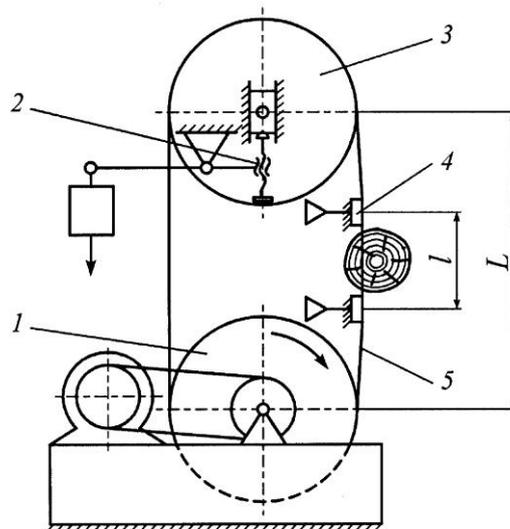
Точность пиления зависит от сил, действующих на пилу в процессе пиления, и ее способности противодействовать этим силам – жесткости и устойчивости.

Для повышения жесткости и устойчивости ленточной пилы применяют направляющие, которые уменьшают свободную длину пилы  $l$  в плоскости ее наименьшей жесткости. Направляющие могут быть двухсторонними (щелевыми), установленными с зазором  $\delta$  с двух сторон пилы, или контактными (отжимными), отклоняющими пилу на определенную величину. Двухсторонние направляющие просты по устройству и для их изготовления не требуются тепло- и износостойкие материалы. Однако при установке направляющих с зазором устойчивость пил не увеличивается, а жесткость возрастает незначительно. Такие направляющие выполняют в основном роль ограничителей предельных отклонений пилы.

Более эффективны односторонние отжимные направляющие. Они уменьшают свободную длину пилы в плоскости ее наименьшей жесткости, за счет этого ее жесткость и устойчивость увеличиваются. При этом повышается точность движения пилы в зоне резания, устраняются ее колебания. Такой тип направляющих находит все большее применение в зарубежных ленточнопильных станках.

Отжимные направляющие, расположенные над и под распиливаемым материалом, могут быть выполнены в виде колодок малой протяженности по длине пилы (менее 50 мм) и в виде пластин, имеющих значительную протяженность по длине пилы.

Рис. 1. Конструкция ленточнопильного станка с отжимными аэростатическими направляющими: 1, 3 – соответственно ведомый и ведущий пильные шкивы; 2 – механизм натяжения пилы; 4 – отжимная аэростатическая направляющая; 5 – ленточная пила



Для уменьшения трения пилы о направляющие их рабочие поверхности могут быть выполнены в виде аэростатических опор (рис. 1) [1].

Предварительные испытания отжимных аэростатических направляющих в производственных условиях дали положительные результаты и показали перспективность их использования при модернизации ленточнопильных станков.

Для определения преимуществ отжимных направляющих по сравнению с щелевыми, влияния их на качество пиления и долговечность пил, а также выбора конструкции необходимо выполнить теоретические исследования.

На рис. 2 приведена расчетная схема ленточной пилы с колодочными (или роликовыми) отжимными направляющими. Силы отжима  $F$  таких направляющих могут рассматриваться как сосредоточенные. Расстояния от ведущего (коренного) пильного шкива до первой и второй отжимных направляющих обозначены соответственно  $C_1$  и  $C_2$ . Расстояние между ведущим (коренным) и ведомым (натяжным) шкивами обозначено  $L$ . Ленточная пила, имеющая толщину  $s$  и ширину полотна  $b$ , растянута силой  $N$ . Она отжата направляющими на величину  $\Delta$ . При выводе уравнений прогибов пилы был использован метод расчета прогибов стержней, нагруженных продольными и поперечными силами [3].

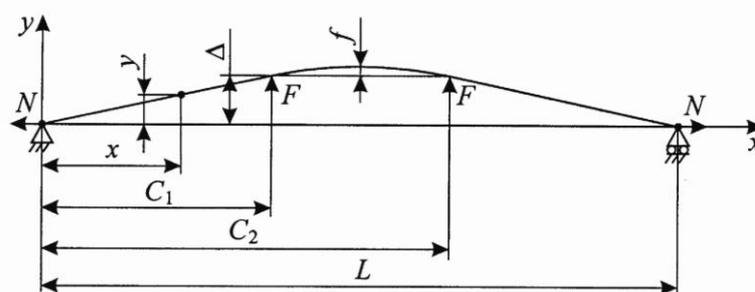


Рис. 2. Расчетная схема ленточной пилы с колодочными (или роликовыми) отжимными направляющими (при сосредоточенном приложении сил отжима)

Уравнения прогибов:

на первом участке ( $x$  изменяется от 0 до  $C_1$ )

$$y = \frac{x}{NL} FC_1 + \frac{x}{NL} FC_2 - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } pC_1 - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } pC_2; \quad (1)$$

на втором участке ( $x$  изменяется от  $C_1$  до  $C_2$ )

$$y = \frac{x}{NL} FC_1 + \frac{(L-x)}{NL} F(L-C_2) - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } pC_1 - \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } p(L-C_2); \quad (2)$$

на третьем участке ( $x$  изменяется от  $C_2$  до  $L$ )

$$y = \frac{(L-x)}{NL} F(L-C_1) + \frac{(L-x)}{NL} F(L-C_2) - \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } p(L-C_1) - \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } p(L-C_2). \quad (3)$$

В уравнениях прогибов (1) – (3)

$$p = \sqrt{\frac{N}{EI}},$$

где  $E$  – модуль упругости материала пилы,  $E = 2,15 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ ;

$I$  – момент инерции сечения пилы,  $\text{мм}^4$ ,  $I = \frac{bs^3}{12}$ .

На рис. 3 приведена расчетная схема ленточной пилы с отжимными направляющими в виде пластин протяженностью  $a$ . Силы отжима таких направляющих можно рассматривать как равномерно распределенную по длине  $a$  нагрузку.

Уравнения прогибов:

на первом участке ( $x$  изменяется от 0 до  $C_1 - \frac{a}{2}$ )

$$y = \frac{x}{NL} FC_1 + \frac{x}{NL} FC_2 - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } pC_1 - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } pC_2; \quad (4)$$

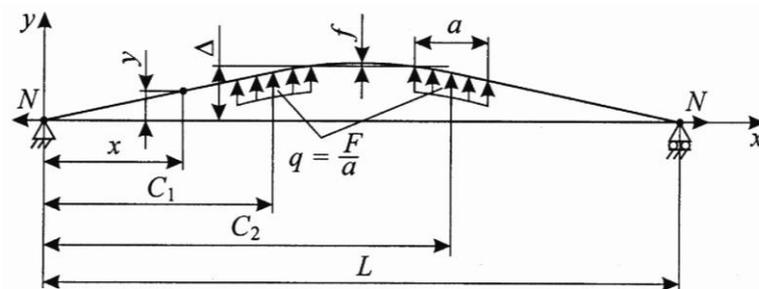


Рис. 3. Расчетная схема ленточной пилы с отжимными направляющими в виде пластин протяженностью  $a$  (при распределенном приложении сил отжима на участке длиной  $a$ )

на втором участке ( $x$  изменяется от  $C_1 - \frac{a}{2}$  до  $C_1 + \frac{a}{2}$ )

$$y = \frac{x}{NL} FC_1 + \frac{(L-x)}{NL} q \left( x + C_2 + \frac{a}{2} - L \right) \left( \frac{L+x-C_2-\frac{a}{2}}{2} \right) + \frac{x}{NL} q \left( L - C_2 + \frac{a}{2} - x \right) \times$$

$$\times \left( \frac{L-x+C_2-\frac{a}{2}}{2} \right) - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } pC_1 - \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} q \left( x + C_2 + \frac{a}{2} - L \right) \times$$

$$\times \text{sh } p \left( \frac{L+x-C_2-\frac{a}{2}}{2} \right) - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} q \left( L - C_2 + \frac{a}{2} - x \right) \text{sh } p \left( \frac{L-x+C_2-\frac{a}{2}}{2} \right); \quad (5)$$

на третьем участке ( $x$  изменяется от  $C_1 + \frac{a}{2}$  до  $C_2 - \frac{a}{2}$ )

$$y = \frac{x}{NL} FC_1 + \frac{(L-x)}{NL} F(L-C_2) - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } pC_1 - \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } p(L-C_2); \quad (6)$$

на четвертом участке ( $x$  изменяется от  $C_2 - \frac{a}{2}$  до  $C_2 + \frac{a}{2}$ )

$$y = \frac{(L-x)}{NL} q \left( x + C_1 + \frac{a}{2} - L \right) \left( \frac{L+x-C_1-\frac{a}{2}}{2} \right) + \frac{x}{NL} q \left( L - C_1 + \frac{a}{2} - x \right) \times$$

$$\times \left( \frac{L-x+C_1-\frac{a}{2}}{2} \right) + \frac{(L-x)}{NL} F(L-C_2) - \frac{\text{sh } px}{Np \text{ sh } pL} q \left( x + C_1 + \frac{a}{2} - L \right) \times$$

$$\times \text{sh } p \left( \frac{L+x-C_1-\frac{a}{2}}{2} \right) - \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} q \left( L - C_1 + \frac{a}{2} - x \right) \text{sh } p \left( \frac{L-x+C_1-\frac{a}{2}}{2} \right) -$$

$$- \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } p(L-C_2); \quad (7)$$

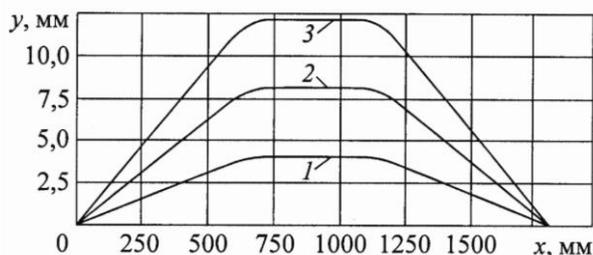
на пятом участке ( $x$  изменяется от  $C_2 + \frac{a}{2}$  до  $L$ )

$$y = \frac{(L-x)}{NL} F(L-C_1) + \frac{(L-x)}{NL} F(L-C_2) - \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } p(L-C_1) -$$

$$- \frac{\text{sh } p(L-x)}{Np \text{ sh } pL} F \text{ sh } p(L-C_2). \quad (8)$$

Анализ уравнений (2) и (6) показал, что прогиб пилы между отжимными направляющими ( $f$  на рис. 2 и 3) при сосредоточенном приложении сил отжима  $F$

Рис. 4. Зависимость прогиба ленточной пилы  $y$  от расстояния от оси ведущего шкива до рассматриваемой точки пилы  $x$  при установке отжимных направляющих в виде пластин ( $s = 1$  мм,  $b = 100$  мм,  $N = 8000$  Н,  $L = 1800$  мм,  $C_1 = 650$  мм,  $C_2 = 1150$  мм,  $a = 150$  мм) при различной силе отжима  $F$ , Н: 1 – 50; 2 – 100; 3 – 150



может оказывать незначительное влияние на точность пиления, а при использовании отжимных направляющих в виде пластин прогиб пилы между направляющими ничтожно мал и не влияет на точность пиления. Так, при  $s = 1$  мм,  $b = 100$  мм,  $N = 8000$  Н,  $L = 1800$  мм,  $C_1 = 650$  мм,  $C_2 = 1150$  мм,  $a = 150$  мм,  $\Delta = 10$  мм в первом случае  $f = 0,11646$  мм, во втором –  $0,00077$  мм.

На рис. 4 показаны кривые прогиба ленточной пилы с отжимными направляющими в виде пластин.

Характер прогибов пилы при сосредоточенном приложении силы  $F$  такой же, за исключением участков у границ направляющих. На этих участках кривизна пилы, а следовательно, и напряжения изгиба значительно больше во втором случае. Эти напряжения необходимо учитывать при оценке влияния отжимных направляющих на прочность ленточных пил.

Напряжение изгиба определим по формуле

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{W_x}, \quad (9)$$

где  $W_x$  – осевой момент сопротивления поперечного сечения пилы,  $\text{мм}^3$ ,  $W_x = \frac{bs^2}{6}$ ;

$M_{\text{и}}$  – изгибающий момент в рассматриваемой точке, Н · мм,  $M_{\text{и}} = -EI_x y''$ ;

$I_x$  – осевой момент инерции поперечного сечения пилы,  $\text{мм}^4$ ,  $I_x = \frac{bs^3}{12}$ ;

$y''$  – вторая производная прогиба пилы.

В уравнениях (2) и (7), приняв  $x = C_1$  и  $y = \Delta$  определим силу  $F$ , необходимую для отжима пилы на  $\Delta$ . Наибольшие напряжения изгиба будут действовать в пиле на расстоянии  $x = C_1$  (см. рис. 2 и рис. 3). Для их определения необходимо вторые производные прогибов, выраженных уравнениями (1) и (5), подставить в формулу (9).

Результаты расчетов силы отжима  $F$  и напряжений изгиба пилы на отжимных направляющих  $\sigma_{\text{и}}$  от отжима  $\Delta$  и силы натяжения пилы  $N$  при сосредоточенном (числитель) и распределенном (знаменатель) на длине  $a$  действии силы  $F$  приведены в таблице (параметры пилы и станка:  $s = 1$  мм,  $b = 100$  мм,  $L = 1800$  мм,  $C_1 = 650$  мм,  $C_2 = 1150$  мм,  $a = 150$  мм).

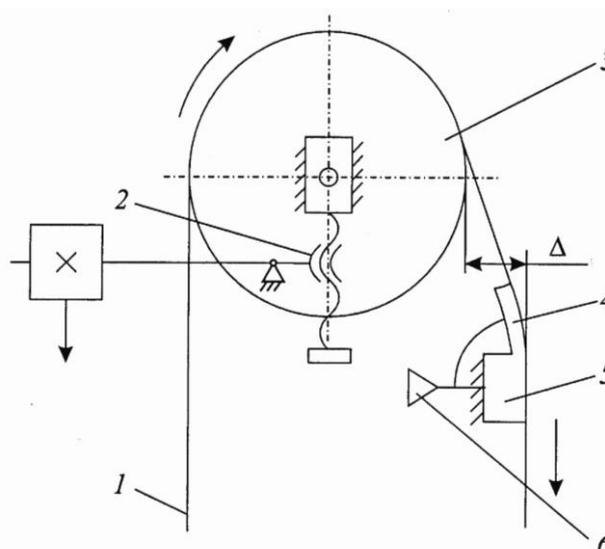
Из таблицы видно, что на отжимных направляющих в виде пластин длиной  $a$  напряжения изгиба значительно меньше, чем на узких, при сосредоточенном действии сил отжима. Сила натяжения  $N$  не влияет на напряжения изгиба пилы  $\sigma_{\text{и}}$ .

При использовании аэростатических направляющих в виде пластин требуется равномерное прилегание их к пиле. Приведенные в статье материалы позволяют

Отжим направляющей $\Delta$ , мм	Сила отжима пилы $F$ , Н			Напряжения в пиле от изгиба на направляющих $\sigma_{и}$ , МПа		
	7	8	9	7	8	9
5	53,85	61,54	69,23	5,63	5,63	5,63
				27,63	27,63	27,63
6	64,62	73,85	83,08	6,75	6,75	6,75
				33,15	33,15	33,15
7	75,38	86,15	96,92	7,88	7,88	7,88
				38,68	38,68	38,68
8	86,15	98,46	110,77	9,00	9,00	9,00
				44,21	44,21	44,21
9	96,92	110,77	124,62	10,13	10,13	10,13
				49,73	49,73	49,73
10	107,69	123,08	138,46	11,25	11,25	11,25
				55,26	55,26	55,26

рассчитать параметры переходного участка направляющей для конкретного ленточнопильного станка. При создании отжимных аэростатических направляющих, которые можно использовать для ленточнопильных станков с различными параметрами пил и узлов резания, необходимо, чтобы каждая отжимная направляющая имела два участка: один участок, обращенный к пильному шкиву, гибкий и должен деформироваться под давлением пилы, образуя переходную поверхность с кривизной, соответствующей толщине и силе натяжения пилы, выставке направляющих  $\Delta$  и расстоянию от направляющей до шкива; другой участок, обращенный к распиливаемому материалу, жесткий и должен быть плоским для обеспечения прямолинейного движения ленточной пилы в зоне резания [2]. Конструкция такой направляющей показана на рис. 5.

Рис. 5. Верхняя часть узла резания ленточнопильного станка с новой конструкцией отжимной аэростатической направляющей: 1 – ленточная пила; 2 – механизм натяжения пилы; 3 – верхний пильный шкив; 4 и 5 – соответственно гибкий и жесткий участки отжимной аэростатической направляющей; 6 – воздухопровод



*Выводы*

1. Для повышения точности пиления древесины на ленточнопильных станках целесообразно использовать отжимные направляющие, установленные над и под распиливаемым материалом.

2. При использовании отжимных направляющих, рабочие поверхности которых выполнены в виде аэростатических опор, не требуется применение дорогих теплоизносостойких материалов, исключается нагревание и износ направляющих.

3. Удлиненные отжимные направляющие в виде пластин имеют следующие преимущества перед колодочными (или роликовыми): изгиб пилы между направляющими мал и не влияет на точность пиления, уменьшаются в несколько раз напряжения изгиба пилы на направляющих, обеспечивается выполнение рабочих поверхностей направляющих в виде аэростатических опор.

4. Полученные материалы могут быть использованы при конструировании отжимных направляющих и оценке долговечности ленточных пил при их применении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Прокофьев Г.Ф., Иванкин И.И. Повышение эффективности пиления древесины на лесопильных рамах и ленточнопильных станках: монография. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2009. 380 с.

2. Прокофьев Г.Ф., Иванкин И.И. Отжимная аэростатическая направляющая ленточной пилы: пат. 2366569 РФ. № 2007145962/03; заявл. 10.12.2007; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 25.

3. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов. 3-е изд. М.: Наука, 1965. Т. 2. 480 с.

Поступила 25.04.11

***G.F. Prokofyev, M.V. Derbin***

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

**Determination of Stresses in the Band Saw when Applying Wringer Guides**

It has been theoretically proved that, depending on the type of the band saw guides the stresses in the saw vary significantly even when the bending is the same. The formulas for determining bending at any point of the band saw and the stresses in it have been given.

*Keywords:* precision of sawing, band saws, wringer guides, saw stresses, saw bending, durability.

УДК 674.09

*П.Б. Шубный, М.В. Дербин, Л.А. Ковалев*

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

Ковалев Леонид Александрович родился в 1952 г., окончил в 1976 г. Московский государственный университет, старший преподаватель филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет 12 научных работ в области динамики твердого тела.  
E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ КРУГЛЫХ ПИЛ ПРИ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

Экспериментальные исследования по охлаждению пил при пилении древесины показали, что направляющие, рабочие поверхности которых выполнены в виде аэростатических опор, обладают значительным охлаждающим эффектом.

Ключевые слова: аэростатические направляющие, охлаждение пил, круглые пилы, экспериментальные исследования.

Точность пиления – один из главных показателей качества пиления древесины, который зависит от жесткости пил. В процессе пиления значительная часть работы резания древесины превращается в теплоту, вызывающую нагрев зубьев и диска пилы. Из-за неравномерного охлаждения происходит перепад температуры  $\Delta t$  по радиусу диска пилы. В соответствии с действующими рекомендациями при правильно выбранных режимах пиления и подготовке пил и станка к работе температурный перепад может достигать 30 °С. В результате неравномерного нагрева диска пилы по радиусу возникают тангенциальные  $\sigma_\theta$  и радиальные  $\sigma_r$  напряжения. Радиальные напряжения на всех участках пилы положительные. В центральной зоне пилы возникают тангенциальные напряжения растяжения, в периферийной – сжатия. Последние снижают ее жесткость, а при определенных значениях могут привести к потере пилой плоской формы равновесия.

Для уменьшения вредного влияния перепада температур  $\Delta t$  на качество пиления древесины круглыми пилами рекомендуются следующие мероприятия [3, 4]:

создание в пиле начального напряженного состояния проковкой или вальцеванием;

выполнение в пиле температурных компенсаторов в виде щелей различных конструкций;

нагрев центральной зоны пилы;

применение пил специальных конструкций;

охлаждение периферийной зоны пилы.

В лесопилении для повышения жесткости круглых пил и снижения температурного перепада нашли применение направляющие, рабочие поверхности которых имеют отверстия. Через эти отверстия на пилу подается вода или водовоздушная смесь. Наряду с положительными свойствами это техническое решение имеет следующие недостатки: вода (или водовоздушная смесь) вызывает коррозию механизмов станка, затрудняет транспортировку смерзшихся опилок, снижает теплоту сгорания опилок, оказывает негативное влияние на окружающую среду.

Зависимость температуры образца пилы от продолжительности его охлаждения в естественных условиях (1) и на аэростатической опоре (2)



В работе [2] предлагается для повышения жесткости дереворежущих пил применить направляющие с рабочими поверхностями, выполненными в виде аэростатических опор, т.е. в качестве смазочного материала между пилой и направляющей использован сжатый воздух. Основные параметры аэростатических направляющих для круглых пил приведены в работе [1].

Можно предположить, что аэростатические направляющие, наряду с повышением жесткости круглых пил, будут способствовать уменьшению температурного перепада  $\Delta t$ . Это позволит устранить недостатки существующих направляющих для круглых пил.

Для подтверждения этого были проведены следующие экспериментальные исследования. Образец пилы (сталь 9ХФ, размер  $250 \times 100 \times 2$  мм) нагревали до температуры  $150$  °С. После этого образец охлаждали в естественных условиях (температура окружающей среды составляла  $23$  °С). При этом с помощью пирометра МТ4 Raytek бесконтактно дистанционно через каждые  $10$  с измеряли его температуру. Затем образец укладывали на аэростатическую опору и вновь его нагревали до той же температуры, после этого его охлаждали за счет подачи воздуха в опору. Далее с определенным интервалом снимали показания температуры образца в зоне отверстия поддува. Графики, иллюстрирующие процессы охлаждения образца в разных условиях, представлены на рисунке.

Описание устройства аэростатической опоры и стенда для ее исследования приведены в работе [3]. Основные параметры аэростатической опоры были определены с учетом рекомендаций [1, 2]: диаметр отверстия поддува в аэростатической опоре  $0,6$  мм, давление подводимого воздуха  $0,6$  МПа, зазор между опорой и образцом  $0,03$  мм.

Из графиков видно, что охлаждение образца пилы, расположенного на аэростатической опоре, происходит значительно интенсивнее, чем в естественных условиях. Особенно это заметно на начальной стадии процесса охлаждения, когда температура образца достаточно высока.

Полученные результаты показывают, что направляющие, рабочие поверхности которых выполнены в виде аэростатических опор, обладают значительным охлаждающим эффектом. Следовательно, необходимо продолжить разработку конструкций аэростатических направляющих, способных к более интенсивному охлаждению пил, и проверить их работу в производственных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванкин И.И., Шубный П.Б. Определение основных параметров круглых аэростатических направляющих для пил: сб. науч. тр. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2001. № 7. С. 75–80.

2. Прокофьев Г.Ф., Дундин Н.И., Иванкин И.И. Применение опор с газовой смазкой в технике: учеб. пособие. Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. 65 с.
3. Санев В.И. Обработка древесины круглыми пилами. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 232 с.
4. Стахив Ю.М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 296 с.

Поступила 11.12.09

*P.B. Shubny, M.V. Derbin, Z.A. Kovalyev*

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

### **Determining the Possibility of Circular Saw Aerostatic Guides for Cooling Saws in the Process of Sawing Timber**

Experimental studies on cooling timber in the process of sawing have shown that the guides with the working surfaces functioning as aerostatic bearings, produce considerable cooling effect.

*Keywords:* aerostatic guides, saw cooling, circular saws, experimental studies.



## КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

**ВОРОНЕЖСКАЯ СЕССИЯ  
КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЮ**

С 30 сентября по 2 октября 2010 г. на базе Воронежской государственной лесотехнической академии состоялась очередная сессия Регионального координационного совета по современным проблемам лесоведения. Проведение сессии совпало с 80-летием Воронежской государственной лесотехнической академии. В рамках сессии прошел семинар на тему «Актуальные проблемы лесного комплекса», в котором приняло участие более 40 представителей университетской науки из разных городов России. Участников приветствовал проректор ВГЛТА проф. Н.Н. Матвеев.

С обзорным докладом «Современные проблемы лесоведения» выступил проф. Б.Н. Уголев. В основу обзора были положены материалы состоявшегося с 6 по 10 сентября 2010 г. в Высоких Татрах, Подбаньске (Словакия) VI Международного симпозиума ИЮФРО «Строение и свойства древесины», который был организован Зволениским техническим университетом. В состав научного комитета симпозиума вошли известные ученые из 20 стран. Присутствовали более 60 делегатов из 16 стран.

В вводном докладе «Куда идет лесоведение» проф. М. Бабияк (Словакия) осветил современное состояние лесоведения, выделил наиболее важные вопросы, подлежащие исследованиям и дал прогноз развития этой научной дисциплины в будущем. Была подчеркнута необходимость междисциплинарного подхода к исследованию древесины, объединяющего усилия биологов, химиков, физиков, математиков и специалистов в области инженерных наук. Технология древесины должна опираться на полученные фундаментальные знания. Для разных областей применения древесины следует разработать критерии качества и методы их определения. Они могут включать измерение объективных показателей строения и свойств, экспертную оценку и определение субъективных показателей качества древесины. Строение древесины исследуется на разных уровнях: от атомно-молекулярного и наноструктуры до макроструктуры. Наблюдается тенденция к минимизации объекта исследований. Все шире применяются физические методы исследований древесины, основанные на использовании ядерного магнитного резонанса, инфракрасного излучения, акустические способы и др. Получают развитие неразрушающие испытания древесины и древесных материалов. В связи с использованием древесины, композиционных древесных материалов, клееных и армированных стекловолокном деревянных конструкций в зданиях и сооружениях привлекаются достижения строительных наук.

Рассматривая перспективы развития лесного сектора экономики, автор отметил два документа: «Лесную технологическую платформу» (FTP) для Европы и «Программу Общества лесоведения и технологии» (SWST) для США.

Среди стратегических направлений исследований были указаны такие, как механизм взаимодействия между водой и компонентами древесины; стабилизация размеров древесины; химические, физические и механические превращения древесины при обработках; микромеханическое поведение древесины; новые композиционные древесные материалы; нанокompозиты на основе древесины; органическая или неорганическая наномодификация поверхности; испытания древесных нанокompозитов; умные материалы из древесины и древесных волокон; улучшение удельной прочности древесины; характеристики качества древесины; применение статистических методов анализа, прогнозирования и моделирования при исследованиях; высокотехнологичные процессы переработки древесины; утилизация мало используемых древесных пород и древесины с плантаций; биопереработка разнообразных древесных пород в материалы и энергию, а также ряд других направлений. В докладе нашли отражение лесоведческие экологические проблемы. Была подчеркнута важность учета таких экологических характеристик, как оценка жизненного цикла (LCA),

долговечность и повторное использование древесины, экологически чистые сооружения (Green Buildings) из древесины и древесных материалов. Устранению наметившегося разрыва между научными разработками и их внедрением в производство должно способствовать улучшение образовательной подготовки лесоведов широкого профиля.

Тематика представленных на симпозиуме докладов охватывала широкий круг проблем.

Вопросы *формирования и строения древесины*: влияние возраста и высоты дерева на свойства трахеид пихты, изменения микроструктуры омертвевшей древесины бука, влияние возраста и окружающей среды на формирование древесины и коры.

Исследования в области *физики древесины*: двумерное разбухание и усушка древесины ели в плоскостях LR и RT; изменение цвета тропических древесин под моделированным солнечным светом; изменение тепловых свойств древесины березы в зависимости от влажности и плотности; изменение гигроскопических свойств древесины после термической модификации; применимость закона Дарси для измерения проницаемости; исследование поля перемещений образцов дисковой формы из лиственной древесины с помощью голографии; ЯМР-метод для точного определения влажности древесины; влияние микроволновой пластификации, местного сжатия и высокотемпературной обработки на равновесную влажность и усушку ели.

Исследования в области *механики древесины*: новый аналитический подход к определению вклада элементов древесины в ее несущую способность, позволивший отразить влияние поздней и ранней древесины; упругие константы хвойной древесины при сжатии поперек волокон в зависимости от угла наклона годовичных слоев; моделирование напряжений в клеевых соединениях древесины с учетом их механического и влажностного поведения; напряженное состояние покрытия во время влажностной нагрузки системы древесина–покрытие.

Исследование *физико-механических свойств* древесины пород, произрастающих в разных странах: исследование анатомических элементов и физико-механических свойств гибридов осины; сравнение анатомических элементов, плотности, прочности при изгибе и сжатии древесины различных видов ольхи, произрастающих в Латвии; исследование механических свойств латвийского инновационного конструкционного материала из дикой вишни; физические и механические свойства древесины дугласии, произрастающей в провинции Магтага (Турция); физические и механические свойства малоиспользуемой древесины метила из Мозамбика; изменение плотности древесины в стволах пихты великой, произрастающей в Чехии.

*Влияние различных факторов на свойства древесины*: изменения физико-механических свойств археологической древесины сосны; физические, механические и цветные характеристики ацетилованной древесины тополя и акации; влияние термической модификации на биостойкость и механические свойства древесины тополя и бука.

Вопросы *сушки и защиты древесины*: технология трассирующей (пошаговой) термической обработки древесных продуктов с использованием радиочастотной индикации для нагрева пило- и упаковочных материалов; влияние интенсивности конвективной сушки древесины на качество пихтовых пиломатериалов; особенности сушки модельных образцов древесины сосны пневмо-импульсным методом; микроволновая обработка древесины для разрушения мицелия грибов, вызывающих красно-коричневую гниль.

Вопросы *качества лесоматериалов*: идентификация параметров качества конструкционных лесоматериалов акустическими методами; количественные изменения содержания экстрактивных веществ в ядре сосны.

*Древесные композиционные материалы*: влияние тепловой обработки на некоторые свойства МДФ плит средней плотности, пропитанных бором; количественное определение сорбции воды в клееных многослойных плитах с помощью нейтронной визуализации; механические свойства клееных досок из бамбука, произрастающего в Нигерии; влияние влажности на стабильность колонн из ОСБ при изгибе; модификация процесса прессования ДСП путем использования частиц с высокой влажностью.

Проблемы *использования древесины в строительстве*: тактильные (осязательные) характеристики элементов деревянного интерьера; армирование клееных деревянных балок; влияние умеренной термической обработки древесины на долговечность наружных конструкций.

От России (МГУЛ) в работе симпозиума приняли участие В.И. Запруднов с докладом, посвященным прогнозированию механических свойств древесно-цементных материалов, а также Г.А. Горбачева, которая выступила от имени коллектива авторов (Б.Н. Уголев, В.П. Галкин, Г.А. Горбачева, А.А. Калинина) и рассказала об эффекте образования замороженной усушки древесины под действием растягивающих нагрузок. Этот вид деформационных превращений древесины играет важную роль при расчете сушильных напряжений в пиломатериалах.

Последующие доклады на семинаре в Воронеже были посвящены древесине как биотопливу (проф. Ю.П. Семенов, МГУЛ), модификации синтетических смол для древесных композитов (проф. С.А. Угрюмов, КГТУ), электрическим полям термического происхождения в древесине (асс. Н.Е. Евсикова, ВГЛТА), проблемам автоматизированного управления процессами лесного комплекса (проф. В.С. Петровский, ВГЛТА), исследованию размерно-качественных показателей фанерного сырья (проф. А.А. Титунин, КГТУ), модифицированной древесине (проф. В.А. Шамаев, ВГЛТА), малозатратным технологиям использования древесных отходов (проф. Ф.В. Пошарников, ВГЛТА), прочности клеевых соединений древесины (асп. М.А. Шендриков, ВГЛТА), способу облицовывания древесных плит шпоном (асп. Ю.С. Журавлева, ВГЛТА), определению гистологического состава древесины (асп. Н.Ю. Неделина, ВГЛТА).

Проф. А.Д. Платонов выступил с докладом о 50-летней истории кафедры древесиноведения ВГЛТА. Участники сессии ознакомились с последствиями лесных пожаров на территории учебно-опытного лесхоза ВГЛТА, проф. МарГТУ И.А. Алексеев оказал консультационную помощь.

На сессии были заслушаны отчеты присутствующих членов РКСД и письменные сообщения других членов о древесиноведческой активности за отчетный год. Были обсуждены вопросы о древесиноведческой экспертизе проектов национальных стандартов, деятельности РКСД как структуры УМО по образованию в области лесного дела (об отражении древесиноведческой тематики в учебниках для вузов и техникумов).

На сессии были избраны новые члены РКСД – проф. П. Нимц (Швейцария) и проф. Б. Касал (Германия), а также решены некоторые организационные вопросы.

Более подробный отчет о выступлениях и поступивших письменных сообщениях от членов Совета и экспертов Реестра опубликован в бюллетене «Информация РКСД – 2010».

РКСД выражает благодарность ректору ВГЛТА проф. В.М. Бугакову, проректору проф. Н.Н. Матвееву, заведующему кафедрой древесиноведения проф. А.Д. Платонову и всем сотрудникам кафедры древесиноведения за хорошую организацию и проведение мероприятий сессии.

*Б.Н. Уголев*

Московский государственный  
университет леса

***B.N. Ugolev***

Moscow State Forest University

**Voronezh Session of Regional Coordinating Council of Wood Science**

---

---



УДК 630\*28(049.3)

**В.Н. Евдокимов, Д.В. Лохов**

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

**НОВАЯ РАБОТА О ФИТОМАССЕ КУЛЬТУР СОСНЫ\***

Вышла в свет монография Н.А. Бабича, Д.Н. Клевцова, И.В. Евдокимова, в которой авторы дали оценку запасов и структуры надземной фитомассы культур сосны обыкновенной в зонально-типологическом разрезе.

Во введении раскрыты актуальность, цель и задачи исследования.

Глава 1 содержит подробный обзор полученных ранее материалов о фитомассе в пределах Европейского Севера. Тщательный анализ литературных данных показал недостаточность изучения фитомассы культурфитоценозов сосны в регионе. В рецензируемой книге обсуждаются методические подходы к исследованию фитомассы и раскрывается ее значение как сырья для перерабатывающей промышленности.

Характеристике природных условий района исследований посвящена глава 2. Дано краткое, но весьма информативное представление о климатических, орографических и почвенно-грунтовых условиях. Проанализирована также географическая обусловленность лесов.

В главе 3 рассмотрены методологические основы исследований, на которых авторы строят свои разработки и теоретические заключения. Приведена характеристика объектов исследования. В процессе сбора полевого материала, закладки опытов и их обработки использовались наиболее признанные методики, в полной мере отвечающие современным требованиям.

Достаточно подробная информация о формировании надземной фитомассы культур сосны в разных эколого-географических условиях содержится в главе 4. Рассматриваются вопросы: ресурсный потенциал надземной фитомассы культур сосны; морфологическая структура ассимиляционного аппарата; зональные закономерности изменения запасов и структуры фитомассы культур сосны по типам леса.

В главе 5 изложены результаты исследования углероддепонирующей емкости культурфитоценозов сосны, а также приведены сведения об аккумуляции энергии посевами сосны в разных типах условий местопроизрастания. Впервые для Европейского Севера России составлены по типам леса таблицы запасов и распределения углерода в древесном ярусе культур сосны с расчетом заключенной в них потенциальной тепловой энергии.

Заключение дает четкие ответы на обозначенные программные вопросы. Значительный объем выполненных экспериментальных работ и использование методов математической статистики позволили авторам сделать обоснованные и достоверные выводы. Библиографический список монографии содержит 252 литературных источника, что свидетельствует о глубине и детальности проработки материала.

Результаты исследований, представленные в рецензируемой работе, могут быть использованы при осуществлении лесного мониторинга и экологических программ, создании Всероссийской базы данных о фитомассе лесов. Разработанные таблицы запасов надземной фитомассы посевов сосны южной подзоны тайги для лишайникового, брусничного и черничного типов леса могут быть применены в лесном ресурсоведении. Полученные данные целесообразно использовать при расчетах углеродного бюджета лесных экосистем и при составлении энергетического баланса лесных сообществ.

Книга предназначена для сотрудников НИИ, преподавателей, работников лесного хозяйства, аспирантов и студентов вузов лесохозяйственного и биологического профиля.

На I Южном межрегиональном конкурсе «Университетская книга», проходившем в 2011 г. в г. Ростов-на-Дону, монография отмечена дипломом как лучшее научное издание по естественным наукам.

**V.N. Yevdokimov, D.V. Likhov**

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

**A New Study on Pine Phytomass While Cultivating the Pine**

\* Н.А. Бабич, Д.Н. Клевцов, И.В. Евдокимов. Зональные закономерности изменения фитомассы культур сосны: моногр. Архангельск: Северн. (Арктич.) федер. ун-т, 2010. 140 с.