

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

# *Лесной журнал*

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

5

1998

БИБЛИОТЕКА  
АРХАНГЕЛЬСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – акад. **О.М. Соколов.**

Заместители главного редактора:

акад. **Е.С. Романов**, чл.-кор. **С.И. Морозов.**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Чл.-кор. **Е.Д. Гельфанд**, акад. **И.И. Гусев**, акад. **Р.Е. Калитеевский**, акад. **А.Н. Кириллов**, акад. **В.И. Комаров**, проф. **Н.В. Лившиц**, акад. **В.И. Мелехов**, акад. **Е.Г. Мозолевская**, **В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, акад. **А.Н. Обливин**, акад. **В.И. Онегин**, акад. **Г.С. Ощепков**, чл.-кор. **А.В. Питухин**, чл.-кор. **В.К. Попов**, акад. **С.М. Репях**, акад. **А.Р. Родин**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Е.Д. Сабо**, акад. **Э.Н. Сабуров**, акад. **Е.Н. Самошкин**, акад. **В.И. Санев**, акад. **О. А. Терентьев**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, акад. **В.Я. Харитонов**, акад. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х. - Д. Энгельман**

Ответственный секретарь **Р.В. Белякова.**

«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 вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических вузов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

Редакторы **Н.П. Бойкова**, **Л.С. Окулова.**

Перевод **Н.Т. Подражанской**

Компьютерный набор **О.В. Деревцовой**, верстка **Е.Б. Красновой**

Сдан в набор 27.11.98. Подписан в печать 02.02.99.

Форм. бум. 70x108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,48. Усл. кр.-отг. 13,48.

Уч.-изд. л. 16,37. Тираж 1000 экз.

Архангельский государственный технический университет

Адрес редакции: 163007, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17,  
тел. (818-2) 44-13-37

Типография Архангельского государственного технического университета  
163007, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>И.И. Гусев, С.В. Коптёв.</i> Товарность среднетаежных ельников .....	7
<i>Ф.В. Пошарников.</i> Применение метода стохастических автоматов при решении оптимизационных задач с имитационным моделированием процессов в лесном комплексе .....	19
<i>Б.К. Термена, В.В. Буджак.</i> Адаптационные возможности рябины глоговины.	26
<i>А.К. Артюховский.</i> О роли насекомых в возникновении и развитии очагов корневой губки .....	32
<i>А.А. Афонин, Е.Н. Самошкин.</i> Анализ внутриволюционной изменчивости генеративных почек ивы пепельной .....	38
<i>В.А. Липаткин.</i> О формировании представлений об устойчивости лесных экосистем .....	43
<i>А.Н. Медведев, В.И. Сахаров, А.П. Марковин.</i> Направление и методы селекции для плантационного и экологического производства .....	49

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>П.И. Романов, А.Б. Кизилов, Е.Н. Власов, С.В. Викторенкова.</i> Сбалансированные манипуляторы — перспективное универсальное средство для комплексной механизации ремонтно-обслуживающей базы лесного хозяйства .....	60
<i>В.П. Стуков.</i> Расчет балки комбинированного сечения .....	64
<i>А.Л. Невзоров, В.Г. Пантелеев, Ю.Л. Сирота, Д.Д. Козмин, В.В. Коптяев.</i> Осадка опытной дамбы из гидролизного лигнина на слабом основании.	70

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

#### И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В.А. Шамаев, В.Б. Огарков, Н.И. Винник.</i> Деформирование древесины при одновременном сжатии и температурно-влажностном воздействии .....	76
<i>Л.С. Суровцева, Д.В. Иванов.</i> Анализ выхода пиломатериалов с повышенными потребительскими характеристиками .....	80
<i>Ю.М. Стахив.</i> О формоизменении диска круглой пилы при заточке и разводе зубьев .....	84
<i>Ю.А. Варфоломеев, Т.М. Поромова, Н.Б. Бирюлина.</i> Биозащитные и экологические свойства фторсодержащего препарата для древесины .....	93

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>В.И. Комаров.</i> Деформативность целлюлозно-бумажных материалов при растяжении .....	99
<i>Ю.П. Клюев, А.Ю. Клюев, Р.Г. Шляшинский, И.В. Антонович.</i> Получение канифолетерпеномалеиновых смол из растворов сосновой живицы в экстракционном и сульфатном скипидажах .....	107
<i>А.Ю. Клюев, Р.Г. Шляшинский, А.А. Эрдман, Н.Р. Прокотчук.</i> Исследование устойчивости к термоокислительной деструкции этиленгликолиевых эфиров канифолетерпеномалеиновых смол .....	116

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

- А.А. Штинева, А.В. Пластинин.* Холдинги как новая форма управления предприятиями лесного комплекса ..... 124

**КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

- В.Д. Денисламов, А.А. Басов, В.В. Шипилов.* Микропроцессорная система контроля качества древесных композиционных материалов ..... 130

**ИСТОРИЯ НАУКИ**

- В.И. Крутов, А.Д. Волков.* Познавая Карельские леса (к 40-летию Института леса Карельского научного центра РАН) ..... 133

**НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ**

- И.В. Ревяко.* Научно-практическая конференция лесоводов юга России. 140  
*Б.Н. Уголев.* Екатеринбургская сессия Координационного совета по древесиноведению..... 142
-

## CONTENTS

### FORESTRY

<i>I.I. Gusev, S.V. Koptev.</i> Marketability of Middle Taiga Spruce Stands .....	7
<i>F.V. Posharnikov.</i> Use of Stochastic Automats Method when Solving Optimization Problems with Simulation Modelling of Processes in Wood-Industrial Area .....	19
<i>B.K. Termena, V.V. Budzhak.</i> Adaptational Opportunities of <i>Sorbus torminalis</i> .....	26
<i>A.K. Artyukhovskiy.</i> Insects Role in Origination and Development of Pine Fungus Centers .....	32
<i>A. A. Afonin, E.N. Samoshkin.</i> Analysis of Intrapopulation Mutability of Generative Buds of Ashy Willow .....	38
<i>V.A. Lipatkin.</i> On Forming Conception of Forest Ecosystems Sustainability .....	43
<i>A.N. Medvedev, V.I. Sakharov, A.P. Markovin.</i> Direction and Selection Methods for Plantational and Ecological Production .....	49

### WOODEXPLOITATION

<i>P.I. Romanov, A. B. Kizilov, E. N. Vlasov, S. V. Victorenkova.</i> Balanced Manipulators – Perspective Universal Facility for Integrated Mechanization of Service and Repair Base of Forestry .....	60
<i>V.P. Stukov.</i> Design of Combined Section Beam .....	64
<i>A.L. Nevzorov, V. G. Panteleev, Yu. L. Sirota, D. D. Kozmin, V. V. Koptyaev.</i> Settlement of Pilot Dam from Hydrolytic Lignin on Weak Basement .....	70

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>V.A. Shamaev, V. B. Ogarkov, N. I. Vinnik.</i> Deformation of Wood under Simultaneous Compression and Temperature-Moistering Action .....	76
<i>L.S. Surovtseva, D.V. Ivanov.</i> Analysis of Sawlogs Yield with Higher Consumable Parameters .....	80
<i>Yu.M. Stakhiev.</i> On Form Changing of Circular Saw Disc when Teeth Sharpening and Setting .....	84
<i>Yu.A. Varfolomeev, T.M. Poromova, N.B. Birjulina.</i> Bioprotective and Ecological Properties of Fluorine-Containing Wood Preservative .....	93

### CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>V.I. Komarov.</i> Tensile Strain Properties of Pulp-and-Paper Materials .....	99
<i>Yu.P. Klyuev, A.Yu. Klyuev, R. G. Shlyashinsky, I. V. Antonovich.</i> Producing Colophony-Terpenomaleic Resins from Pine Gum Solutions in Extractive and Sulfate Turpentine .....	107
<i>L.N. Klyuev, R.G. Shlyashinsky, A.A. Erdman, N.R. Procopchuk.</i> Investigation of Oxidation Destruction Stability of Ethyleneglycol Esters of Colophony-Terpenomaleic Resins .....	116

### ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>A.A. Shtineva, A.V. Plastinin.</i> Holdings as New Form of Management of Forest Complex Enterprises .....	124
--	-----

---

*COMPUTERIZATION OF TRAINING AND TECHNOLOGICAL PROCESSES*

- V.D. Denislamov, A.A. Basov, V.V. Shipilov. Microprocessing System of Quality Monitoring the Wood Compositional Materials ..... 130*

*HISTORY OF SCIENCE*

- V.I. Krutov, A.D. Volkov. Cognizing Karelian forests (to the 40<sup>th</sup> Anniversary of the Forest Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences) ... 133*

*SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES*

- I.V. Revyako. Scientific-Practical Conference of Foresters of the Russian South..... 140*  
*B.N. Ugolev. Ekaterinburg Session of the Coordinative Council on Wood Science.. 142*
-

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*525

И.И. ГУСЕВ, С.В. КОПТЕВ

Архангельский государственный технический университет

Гусев Иван Иванович родился в 1930 г., окончил Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета, академик РАЕН. Имеет более 140 печатных трудов в области исследования закономерностей формирования, роста, продуктивности и рационального использования таежных лесов.



Коптев Сергей Викторович родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет 13 печатных работ в области изучения товарности словых древостоев.



## ТОВАРНОСТЬ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ

На основании опытных данных установлены закономерности выхода сортиментов в ельниках по классам товарности. Составлены товарные таблицы, дана их оценка.

Based on the experimental data the regularities of cut - length output in spruce stands have been stated according to marketability classes. The commodity tables have been made, their assessment has been provided.

В настоящее время ельники средней подзоны тайги Европейского Севера хорошо освоены и являются важным источником получения высококачественной древесины. Для сортиментации лесов в практике лесного хозяйства широко применяются товарные таблицы. Их используют для определения выхода сортиментов при таксации лесосечного фонда. Это значительно сокращает объем полевых работ и удешевляет подготовку лесосечного фонда. Достоверные товарные таблицы позволяют более правильно выявлять сортиментную структуру лесного и лесосечного фонда, что существенно влияет на более полное и рациональное использование лесов.

Для товаризации среднетаежных ельников применяют товарные таблицы [9], составленные в соответствии с ГОСТ 9463-72 на круглые лесоматериалы [1], ОСТ 13-76-79 на сырье для технологической переработки [10] и другими устаревшими нормативами. Район применения действующих товарных таблиц включает северную, среднюю и южную подзоны тайги. Разработанные новые стандарты на лесную продукцию [2, 3, 12], требования которых существенно отличаются от предыдущих, должны быть реализованы в новых товарных таблицах. В связи с этим и возникла необходимость составления товарных таблиц для ельников среднетаежного региона.

Для изучения товарной структуры среднетаежных ельников в Виноградовском, Каргопольском, Шенкурском районах Архангельской области, Ухтинском районе Республики Коми под руководством И.И. Гусева были заложены 30 пробных площадей с рубкой, обмером и раскряжевкой на сортименты 2098 деревьев (по 25 ... 30 на пробе), в том числе 10 со сплошной рубкой. Кроме этого, на 163 пробных площадях в еловых древостоях проведена перечислительная таксация по ступеням толщины и качественным категориям годности деревьев. Методика сбора опытных материалов изложена в наших работах [6 - 8]. При обработке пробных площадей использованы общепринятые методы лесной таксации. Кроме того, вычислены основные статистические показатели, характеризующие ряды распределения деревьев по ступеням толщины: среднее значение, коэффициент изменчивости, мера косости и крутости. Собранные и обработанные опытные материалы представляют все разнообразие ельников средней подзоны тайги. Разряд высот колеблется от 2 до 4, класс бонитета от III до V, средний диаметр древостоев от 12 до 28 см.

Одним из важных показателей, определяющих товарную структуру древостоев, является распределение деревьев по толщине, которое зависит от возрастной структуры. С усложнением возрастной структуры растет изменчивость диаметров стволов  $C_d$  и меняется характер кривых распределения [4, 5]. Опытные пробные площади в среднетаежных ельниках объединены по группам средних диаметров: ... 10,0 ... 20,0 см (70 проб) и 20,1 ... 28,0 см (90 проб). Для каждой группы вычислены средние значения коэффициентов изменчивости диаметров с основной ошибкой, которые сопоставлены с аналогичными показателями разных типов возрастной структуры.

Для опытных материалов (ОП) группы диаметров 10,0 ... 20,0 см коэффициент изменчивости равен  $32,7 \pm 0,37$ , группы 20,1 ... 28,0 см -  $29,8 \pm 0,37$ ; для одновозрастных еловых древостоев (О) - соответственно  $31,4 \pm 0,74$  и  $28,0 \pm 0,88$ ; для условно разновозрастных (УР) -  $33,7 \pm 0,79$  и  $30,5 \pm 0,35$ ; для разновозрастных (Р) -  $40,9 \pm 1,08$  и  $33,9 \pm 1,66$ . Критерий различия Стьюдента между ОП и О составил 1,5 и 1,9; между ОП и УР - 1,1 и 1,4; между ОП и Р - 7,2 и 2,4. Эти данные показывают возможность использования рядов распределения числа деревьев по ступеням толщины условно разновозрастных ельников [4] для разработки товарных таблиц.



Таблица 1  
Количество дровяных деревьев по ступеням толщины  
в среднетаежных ельниках

Средний диаметр древостоя, см	Распределение дровяных деревьев, %, по ступеням толщины, см											
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
12	32,5	30,7	19,8	9,6	5,9	1,5	-	-	-	-	-	-
14	29,0	30,0	21,2	10,6	6,5	2,5	0,2	-	-	-	-	-
16	23,0	29,7	23,0	12,2	7,8	3,8	0,5	-	-	-	-	-
18	19,5	26,3	23,0	14,0	8,6	5,2	3,0	0,4	-	-	-	-
20	14,8	24,3	23,0	16,1	9,2	6,1	4,0	1,8	0,7	-	-	-
22	13,0	22,2	20,0	15,5	11,0	8,0	5,3	3,0	1,5	0,5	-	-
24	10,5	19,8	17,5	14,6	12,5	10,0	6,5	3,9	2,7	1,3	0,6	-
26	7,0	16,0	13,4	16,8	14,4	11,2	8,2	5,4	3,5	2,4	1,1	0,6
28	2,3	11,0	16,2	18,6	15,5	12,0	8,9	6,0	4,0	3,0	1,6	0,9

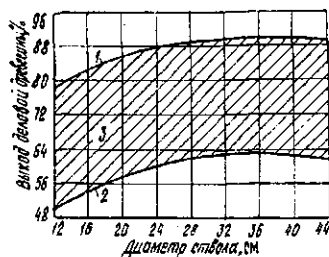
Таблица 2

Доля сортиментов от общего запаса древостоя

Исходные данные	Деловая древесина, %				Дрова	Ликвид	Отходы
	крупная	средняя	мелкая	Итого деловой			
Фактические на пробах	18,0	44,9	19,8	82,7	7,3	90,0	10,0
По товарным таблицам	19,6	46,0	18,3	83,9	6,8	90,7	9,3
Систематическая ошибка	+1,6	+1,1	-1,5	+1,2	-0,5	+0,7	-0,7

При товаризации древостоев важно установить количество деловых и дровяных деревьев по ступеням толщины. Согласно существующим придержкам, к дровяным относят деревья, деловая часть которых по длине меньше 2 м, а также половину полуделовых деревьев, выход деловой древесины из которых в два раза меньше, чем из деловых. На самом же деле выход деловой древесины из полуделовых деревьев изменяется по ступеням толщины и для стволов 16 ... 28 см составляет около 60 ... 62 (см. рисунок), а для тонкомерных ступеней около 50%. Особое значение эти уточнения

Выход деловой древесины:  
1 — здоровые стволы; 2 — фаутные (полуделовые); 3 — потери в деловой древесине



## Товарные таблицы

Средний диаметр древо-стоя, см	Средняя высота, м	Деловая древесина по категориям							
		Крупная				Средняя-1			
		1	2	3	Итого	1	2	3	Итого
12	8,8	-	-	-	-	-	1	-	1
	10,2	-	-	-	-	-	1	-	1
	11,6	-	-	-	-	-	1	1	2
	12,9	-	-	-	-	1	1	1	3
	14,3	-	-	-	-	1	1	2	4
14	9,8	-	-	-	-	-	5	1	6
	11,3	-	-	-	-	-	5	3	8
	12,9	-	-	-	-	1	5	4	10
	14,3	-	-	-	-	2	5	5	12
	15,7	-	-	-	-	2	5	5	12
16	10,8	-	1	-	1	2	6	4	12
	12,4	-	1	1	2	3	6	4	13
	14,1	1	1	1	3	3	6	5	14
	15,8	1	1	1	3	4	6	6	16
	17,4	1	1	1	3	4	7	6	17
18	11,7	-	3	2	5	3	7	7	17
	13,4	-	3	3	6	4	7	7	18
	15,2	1	3	3	7	4	8	7	19
	17,1	1	3	3	7	5	8	8	21
	18,8	2	3	3	8	8	8	9	22
20	12,5	1	5	4	10	4	10	7	21
	14,4	1	5	4	10	5	10	7	22
	16,3	2	5	4	11	5	10	8	23
	18,3	3	5	4	12	6	11	9	26
	20,2	3	5	5	13	6	11	10	27
22	13,2	2	7	7	16	5	10	7	22
	15,3	2	8	7	17	5	10	8	23
	17,5	3	8	7	18	6	10	8	24
	19,4	3	8	8	19	6	11	9	26
	21,5	4	9	8	21	6	11	9	26
24	14,0	2	10	9	21	5	11	7	23
	16,2	3	11	9	23	5	11	8	24
	18,6	4	11	9	24	6	11	9	26
	20,5	5	12	10	27	6	11	9	26
	22,7	6	13	10	29	6	11	9	26

## среднетаежных ельников

Таблица 3

крупности и сортам, %							Итого деловой	Сырье для техно-логической переработки	Дрова топлив-ные	Отходы	Всего
Средняя-2				Мелкая							
1	2	3	Итого	2	3	Итого					
товарности I											
5	7	5	17	48	5	53	71	11	5	13	100
5	8	5	18	49	5	54	73	10	4	13	100
5	9	5	19	49	5	54	75	9	4	12	100
4	10	5	19	50	4	54	76	9	4	11	100
4	12	5	21	50	3	53	78	8	4	10	100
7	10	7	24	40	4	44	74	9	4	13	100
7	11	7	25	39	4	43	76	8	4	12	100
7	11	7	25	39	4	43	78	7	4	11	100
6	13	7	26	39	3	42	80	7	3	10	100
6	14	7	27	40	2	42	81	6	3	10	100
8	13	9	30	31	3	34	77	6	4	13	100
8	14	9	31	30	3	33	79	5	4	12	100
8	15	9	32	29	3	32	81	4	4	11	100
8	16	9	33	29	2	31	83	4	3	10	100
7	17	9	33	29	2	31	84	4	3	9	100
7	15	8	30	25	2	27	79	5	4	12	100
7	15	8	30	24	2	26	80	5	4	11	100
8	15	8	31	23	2	25	82	4	3	11	100
8	15	8	31	23	2	25	84	4	2	10	100
8	16	8	32	23	1	24	86	3	2	9	100
7	15	8	30	18	1	19	80	4	4	12	100
7	15	8	30	18	1	19	81	4	4	11	100
7	15	8	30	17	1	18	82	3	4	11	100
6	15	8	29	16	1	17	84	3	3	10	100
6	15	8	29	16	1	17	86	3	2	9	100
6	14	7	27	15	1	16	81	3	4	12	100
6	14	7	27	14	1	15	82	3	4	11	100
5	14	7	26	14	1	15	83	3	4	10	100
5	14	7	26	13	1	14	85	3	3	9	100
5	14	7	26	12	1	13	86	3	2	9	100
5	13	6	24	12	1	13	81	3	4	12	100
5	12	6	23	11	1	12	82	3	4	11	100
4	12	6	22	10	1	11	83	3	4	10	100
4	12	6	22	10	1	11	86	3	3	8	100
4	12	6	22	9	-	9	86	3	3	8	100

Средний диаметр древо-стоя, см	Средняя высота, м	Деловая древесина по категориям							
		Крупная				Средняя-I			
		1	2	3	Итого	1	2	3	Итого
26	14,8	4	13	10	27	5	10	7	22
	17,1	4	14	11	29	6	10	7	23
	19,4	5	15	11	31	6	10	8	24
	21,6	6	16	12	34	6	10	8	24
	23,9	6	17	12	35	6	10	8	24
28	15,5	4	16	14	34	5	10	7	22
	17,9	5	17	15	37	5	10	7	22
	20,2	6	18	15	38	5	10	7	22
	22,6	6	20	15	41	6	9	7	22
	25,0	7	21	15	43	6	9	7	22
12	8,8	-	-	-	-	-	1	-	1
	10,2	-	-	-	-	-	1	-	1
	11,6	-	-	-	-	-	1	1	2
	12,9	-	-	-	-	-	1	1	2
	14,3	-	-	-	-	-	1	1	2
14	9,8	-	-	-	-	1	3	2	6
	11,3	-	-	-	-	1	3	3	7
	12,9	-	-	-	-	2	3	3	8
	14,3	-	-	-	-	2	4	3	9
	15,7	-	-	-	-	2	4	3	9
16	10,8	-	1	-	1	2	5	3	10
	12,4	-	1	-	1	2	5	4	11
	14,1	-	1	1	2	2	5	5	12
	15,8	-	1	1	2	3	5	5	13
	17,4	-	1	1	2	3	5	6	14
18	11,7	1	3	2	6	3	6	5	14
	13,4	1	3	2	6	3	7	5	15
	15,2	1	3	2	6	3	7	6	16
	17,1	2	3	2	7	4	7	7	18
	18,8	2	3	2	7	4	7	7	18
20	12,5	1	4	3	8	4	9	6	19
	14,4	1	4	3	8	4	9	7	20
	16,3	2	4	3	9	5	9	7	21
	18,3	2	4	4	10	5	9	8	22
	20,2	2	5	4	11	5	9	9	23

Класс

Продолжение табл. 3

крупности и сортам, %								Сырье для техно- логической переработки	Дрова топлив- ные	Отходы	Всего
Средняя-2				Мелкая			Итого деловой				
1	2	3	Итого	2	3	Итого					
4	12	5	21	10	1	11	81	3	5	11	100
4	11	5	20	9	1	10	82	3	4	11	100
4	11	5	20	9	-	9	84	3	3	10	100
3	11	5	19	9	-	9	86	3	3	8	100
3	11	5	19	8	-	8	86	3	3	8	100
3	10	4	17	8	-	8	81	3	5	11	100
3	9	4	16	7	-	7	82	3	5	10	100
3	9	4	16	7	-	7	84	3	4	10	100
3	9	4	16	6	-	6	85	3	3	9	100
3	9	4	16	6	-	6	86	3	3	8	100
товарности II											
4	5	4	13	37	5	42	56	18	14	12	100
4	6	4	14	38	4	42	57	19	13	11	100
3	7	4	14	38	4	42	58	19	13	10	100
3	8	4	15	39	3	42	59	19	12	10	100
3	9	4	16	39	2	42	60	19	11	10	100
3	11	6	20	32	3	35	61	15	12	12	100
3	11	6	20	32	3	35	62	16	11	11	100
3	12	6	21	32	2	34	63	16	11	10	100
3	12	6	21	32	2	34	64	16	10	10	100
4	12	6	22	32	2	34	65	16	9	10	100
7	12	7	26	26	2	28	65	12	11	12	100
7	13	7	27	26	2	28	67	12	10	11	100
6	14	7	27	25	2	27	68	12	10	10	100
6	14	7	27	25	2	27	69	12	9	10	100
6	14	8	28	24	2	26	70	13	8	9	100
6	13	7	26	21	1	22	68	10	11	11	100
6	13	7	26	21	1	22	69	10	10	11	100
6	13	7	26	20	2	22	70	10	10	10	100
6	13	7	26	19	2	21	72	10	9	9	100
6	14	7	27	18	2	20	72	11	8	9	100
6	13	7	26	16	1	17	70	9	11	10	100
6	13	7	26	15	1	16	70	9	11	10	100
6	13	6	25	15	1	16	71	9	10	10	100
6	13	7	26	14	1	15	73	10	9	9	100
5	13	7	25	13	1	14	73	10	8	9	100

Средний диаметр древо-стоя, см	Средняя высота, м	Деловая древесина по категориям							
		Крупная				Средняя-1			
		1	2	3	Итого	1	2	3	Итого
22	13,2	2	6	5	13	4	9	7	20
	15,3	2	7	5	14	4	9	8	21
	17,4	3	7	6	16	5	9	8	22
	19,5	3	8	8	19	5	9	8	22
	21,5	4	8	8	20	5	9	8	22
24	14,0	2	8	7	17	5	10	7	22
	16,2	3	9	7	19	5	10	7	22
	18,6	3	9	8	20	5	10	7	22
	20,5	4	10	9	23	5	10	8	23
	22,7	5	10	9	24	5	9	8	23
26	14,8	3	12	9	24	4	9	7	20
	17,1	4	13	10	27	4	9	7	20
	19,4	4	13	10	27	4	9	7	20
	21,6	5	14	11	30	5	9	7	21
	23,9	6	14	11	31	5	9	7	21
28	15,5	3	13	13	29	4	9	6	19
	17,9	4	15	13	32	4	9	6	19
	20,2	5	16	13	34	4	9	6	19
	22,6	6	17	13	36	4	8	7	19
	25,0	6	18	14	38	4	8	7	19
12	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-
	10,2	-	-	-	-	-	1	-	1
	11,6	-	-	-	-	-	1	1	2
	12,9	-	-	-	-	-	1	1	2
	14,3	-	-	-	-	-	1	1	2
14	9,8	-	-	-	-	1	1	1	3
	11,3	-	-	-	-	1	2	2	5
	12,9	-	-	-	-	1	3	2	6
	14,3	-	-	-	-	1	3	3	7
	15,7	-	-	-	-	1	3	3	7
16	10,8	-	-	-	-	1	3	3	7
	12,4	-	1	-	1	2	3	3	8
	14,1	-	1	-	1	2	3	4	9
	15,8	-	1	-	1	2	4	4	10
	17,4	-	1	1	2	2	4	4	10

Класс

Продолжение табл. 3

крупности и сортам, %							Итого деловой	Сырье для технологической переработки	Дрова топливные	Отходы	Всего
Средняя-2				Мелкая							
1	2	3	Итого	2	3	Итого					
4	13	6	23	13	1	14	70	8	12	10	100
4	13	6	23	12	1	13	71	8	11	10	100
4	12	5	21	12	1	13	72	8	10	10	100
5	11	5	21	11	1	12	74	9	8	9	100
5	11	5	21	10	1	11	74	9	8	9	100
4	11	5	20	10	1	11	70	8	12	10	100
4	11	5	20	9	1	10	71	8	11	10	100
4	11	5	20	9	1	10	72	8	11	9	100
4	10	5	19	9	-	9	74	9	10	9	100
4	10	5	19	8	-	8	74	9	9	8	100
3	10	5	18	9	-	9	71	8	11	10	100
3	10	4	17	8	-	8	72	8	11	9	100
3	10	4	17	8	-	8	72	8	11	9	100
3	9	4	16	7	-	7	74	9	9	8	100
3	9	4	16	6	-	6	74	9	9	8	100
3	9	4	16	7	-	7	71	7	12	10	100
2	9	4	15	6	-	6	72	7	11	10	100
2	8	4	14	6	-	6	73	8	10	9	100
2	8	3	13	5	-	5	73	8	10	8	100
2	7	3	12	5	-	5	74	8	10	8	100
товарности III											
3	4	4	11	26	3	29	40	26	23	11	100
3	5	3	11	26	3	29	41	28	21	10	100
3	5	3	12	26	3	29	42	29	20	9	100
3	6	3	12	27	2	29	43	30	19	9	100
3	7	3	13	28	2	30	45	30	16	9	100
4	6	5	15	24	2	26	44	23	22	11	100
4	7	5	16	23	2	25	46	24	20	10	100
4	7	5	16	23	2	25	47	25	18	10	100
4	8	5	17	23	1	24	48	26	17	9	100
4	9	5	18	23	1	24	49	27	15	9	100
5	9	5	19	20	2	22	48	20	20	10	100
5	10	5	20	19	2	21	50	21	19	10	100
5	10	6	21	19	1	20	51	22	17	10	100
5	11	6	21	19	1	20	52	23	16	9	100
5	11	6	22	18	1	19	53	24	15	8	100

Средний диаметр древо-стоя, см	Средняя высота, м	Деловая древесина по категориям							
		Крупная				Средняя-I			
		1	2	3	Итого	1	2	3	Итого
18	11,7	-	2	1	3	2	4	5	11
	13,4	1	2	1	4	2	5	5	12
	15,2	1	2	1	4	3	5	5	13
	17,1	1	2	1	4	3	5	5	13
	18,3	1	2	2	5	3	5	6	14
20	12,5	1	3	2	6	3	7	5	15
	14,4	1	3	2	6	3	7	6	16
	16,3	1	3	3	7	4	7	6	17
	18,3	2	3	3	8	4	7	6	17
	20,2	2	3	3	8	4	7	7	18
22	13,2	2	3	4	9	4	6	6	16
	15,3	2	5	4	11	4	6	6	16
	17,4	2	6	4	12	4	7	6	17
	19,5	3	6	5	14	4	7	6	17
	21,5	3	6	5	14	4	7	7	18
24	14,0	2	7	6	15	3	8	5	16
	16,2	2	7	6	15	4	7	6	17
	18,6	3	8	6	17	4	7	6	17
	20,5	3	8	6	17	4	7	6	17
	22,7	4	9	7	20	4	7	6	17
26	14,8	2	9	8	19	4	7	5	16
	17,1	2	9	9	20	4	7	5	16
	19,4	3	9	9	21	4	7	5	16
	21,6	4	10	9	23	4	7	5	16
	23,9	5	12	8	25	4	7	5	16
28	15,5	2	11	10	23	3	7	5	15
	17,9	2	12	10	24	3	7	5	15
	20,2	3	13	10	26	3	7	5	15
	22,6	4	13	10	27	3	6	5	14
	25,0	5	15	10	30	3	6	5	14

приобретают в низкотоварных древостоях (II-III класс товарности), где количество полуделовых деревьев значительно (14 % и более).

Ряды распределения числа дровяных деревьев по ступеням толщины строили на основании материалов 73 проб. Для древостоев со средним диаметром 12...16 см применяли функцию Пирсона I типа,



Продолжение табл. 3

Крупности и сортам, %							Итого-деловой	Сырье для технологической переработки	Дрова топливные	Отходы	Всего
Средняя-2				Мелкая							
1	2	3	Итого	2	3	Итого					
4	9	6	19	16	1	17	51	19	20	10	100
4	10	6	20	16	1	17	52	19	19	10	100
5	10	5	20	15	1	16	53	20	18	9	100
5	10	5	20	14	1	15	54	21	17	8	100
5	10	6	21	14	1	15	55	22	15	8	100
4	10	5	19	12	1	13	53	16	21	10	100
4	10	5	19	12	1	13	54	17	20	9	100
4	10	5	19	11	1	12	55	18	19	9	100
4	10	5	19	10	1	11	55	19	17	8	100
4	10	5	19	10	1	11	56	20	16	8	100
4	10	4	18	10	1	11	54	15	22	9	100
4	10	4	18	9	1	10	55	16	21	8	100
4	9	4	17	8	1	9	55	17	20	8	100
4	9	4	17	8	-	8	56	18	19	7	100
4	9	4	17	8	-	8	57	19	17	7	100
4	8	4	16	8	-	8	55	14	22	9	100
4	8	4	16	7	-	7	55	15	22	8	100
4	8	4	16	6	-	6	55	16	20	8	100
3	8	4	15	6	-	6	56	17	20	7	100
3	8	4	15	6	-	6	58	17	18	7	100
3	8	3	14	7	-	7	56	13	22	9	100
3	8	3	14	6	-	6	56	15	21	8	100
3	8	3	14	5	-	5	56	15	21	8	100
3	7	3	13	5	-	5	57	16	20	7	100
3	7	3	13	5	-	5	59	16	18	7	100
2	7	3	12	5	-	5	55	13	23	9	100
2	7	3	12	5	-	5	56	14	22	8	100
2	6	3	11	4	-	4	56	15	21	8	100
2	6	3	11	4	-	4	57	16	20	7	100
2	6	3	11	4	-	4	59	15	19	7	100

18 ... 28 см – функцию Шарлье. Различие между опытным и теоретическим распределениями оказалось недостоверным согласно критерию А.Н. Колмогорова – Н.И. Смирнова для вероятностей 0,95.

Мода рядов распределения числа дровяных деревьев имеет смещение в сторону тонкомерных ступеней примерно на одну 4-сантиметровую ступень относительно древостоя в целом. Это еще раз

подтверждает выводы о преимущественном формировании отпада из более тонкомерной части древостоя (табл. 1).

Товарные таблицы составляли на основе сортиментно-сортных, разработанных авторами ранее [8]. При этом использовали условный древостой из деловых и дровяных деревьев, взятых в определенном соотношении в зависимости от класса товарности. Предварительные исследования показали, что установление границ классов товарности по числу деловых и дровяных деревьев и их запасов дает одинаковые результаты. Математическое выравнивание выхода сортиментов в зависимости от среднего диаметра древостоя осуществлено по разрядам высот для каждого класса товарности. В качестве основной модели использован полином третьей степени, который дает наибольшую точность из ряда испытанных уравнений:

$$Y=A+BX+CX^2+DX^3,$$

где  $Y$  – выход сортиментов, %;

$X$  – средний диаметр древостоя, см.

При составлении товарных таблиц учитывали предъявляемые к ним требования [11]. Проценты выхода сортиментов округляли до целых значений. Интервал по средним диаметрам составляет 2 см, по средним высотам – соответственно принятой шкале разрядов высот [5].

По доле сортиментов в общем запасе древостоя (табл. 2) оценивали товарные таблицы для среднетаежных ельников (табл. 3).

Из табл. 2 видно, что систематическая ошибка запаса сортиментов основных категорий колеблется от +1,6 до -1,5 %.

Таким образом, при правильном определении исходных данных, особенно класса товарности, ошибка в выходе сортиментов по товарным таблицам находится в пределах требуемой точности.

Предлагаемые товарные таблицы для среднетаежных ельников дают более высокий выход крупномерных сортиментов по сравнению с действующими [9]. При этом по мере увеличения среднего диаметра древостоя различие возрастает. Такое положение свойственно, прежде всего, спелым и перестойным высокопродуктивным ельникам, на которые приходится значительная доля лесных ресурсов средней подзоны тайги Европейского Севера. Использование новых товарных таблиц позволит существенно повысить точность учета сортиментной структуры таежных ельников при оценке лесного и лесосечного фонда.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 9463–72. Лесоматериалы круглые хвойных пород. - М.: Изд-во стандартов, 1974. - 14 с. [2]. ГОСТ 9463–88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 13 с. [3]. ГОСТ 3243–88. Дрова. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 7 с. [4]. Гусев И.И. Закономерности строения еловых древостоев Европейского Севера: Методич. рекомендации к дипломному проектированию по лесной таксации. - Архангельск, 1977. - 40 с. [5].

пломному проектированию по лесной таксации. - Архангельск, 1977. - 40 с. [5]. Гусев И.И. Продуктивность ельников Севера.- Л.: ЛГУ, 1978. - 232 с. [6]. Гусев И.И., Коптев С.В. Сортиментная структура северотаежных ельников // Лесн. журн. - 1991. - № 6. - С.3 - 11. - (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Гусев И.И., Коптев С.В. Товарность северотаежных ельников // Повышение продуктивности лесов Европейского Севера. - Архангельск, 1992. - С.56-66. [8]. Гусев И.И., Коптев С.В. Сортиментная структура среднетаежных ельников // Лесн. журн. - 1995. - № 4-5. - С.7-20. - (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР. - Архангельск, 1986. - 358 с. [10]. ОСТ 13-76-79. Сырье древесное для технологической переработки. - М.: Изд-во стандартов, 1979. [11]. Таксация товарной структуры древостоев / А.Г.Мошкалева, А.А.Книзе, Н.И.Ксенофонтов, Н.С.Уланов. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 157 с. [12]. ТУ 13-0273685-404-89. Дровяная древесина для технологических нужд/ ВНПОлеспром, 1989.

Поступила 25 ноября 1996 г.

УДК 631.319.2.001.57

**Ф.В. ПОШАРНИКОВ**

Воронежская государственная лесотехническая академия

Пошарников Феликс Владимирович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет около 130 печатных работ в области механизации производственных процессов лесовосстановления, комплексной механизации работ в лесных питомниках.



## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СТОХАСТИЧЕСКИХ АВТОМАТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ С ИМИТАЦИОННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ**

Изложен метод стохастических автоматов, рекомендуемый при оптимизационном моделировании сложных процессов в лесном комплексе. Приведен пример оптимизации параметров и режимов перемещения сошника лесной сеялки в почве.

The method of stochastic automats is presented, recommended for stimulation modelling of complex processes in wood-industrial area. The example of optimizing parameters and practice of supply colter displacement in the soil is given.

В лесном комплексе многие процессы плохо поддаются моделированию, так как в них сложно выделить четко коррелируемые связи между различными параметрами и режимными показателями. Выделяемые факторы трудно классифицировать по их значимости, а целевые функции часто представляются в неявном виде. Последующую оптимизацию процесса усложняет необходимость, как правило, учитывать сразу несколько критериев, которые могут функционально зависеть друг от друга.

По этой причине затруднено применение хорошо апробированных стандартных методов решения оптимизационных задач [2]. В то же время большинство из них можно успешно решить, если использовать малоприменяемый, но практически универсальный метод, известный как метод стохастических автоматов. Этим методом можно вести поиск глобальных экстремумов различных функций, используя имитационную модель Буше-Мостеллера [1]. Наложение вероятностной модели на заранее имитационно смоделированный реальный производственный процесс дает возможность воспринимать его как некоторый объект, в определенный дискретный момент времени  $r = 1, 2, \dots$  изменяющий внутреннее состояние  $S(r)$  под действием на входе сигнала  $y(r)$ . В этом случае объект выступает как автомат, каждое состояние которого определяет значение переменной на его выходе в виде

$$x(r) = \varphi_1[S(r)]. \quad (1)$$

Входная переменная автомата считается случайной функцией его входа:

$$y(r) = y[x(\tau - 1)]. \quad (2)$$

Полагают, что переменная  $y(r)$  может принимать только два значения:  $y(r) = 1$ , что соответствует классу благоприятных реакций, и  $y(r) = 0$  — неблагоприятных. Допускают также, что число внутренних состояний автомата конечно ( $S_i(r); i = 1, \overline{M}$ ) и каждому из них соответствует только один по уравнению (1) выход  $x_i(r)$ .

Такой автомат задают уравнением (1) и вектором вероятностей  $\bar{p}$ , каждая  $i$ -я компонента которого характеризует вероятность  $\bar{p}_i$  перехода автомата в состояние  $S_i$  под воздействием входа  $y(r+1)$ . На  $r$ -м шаге поиска  $S_i$  характеризуется вероятностью  $p_i(r) \geq 0, i = 1, \overline{M}$ , и в соответствии с суммой  $\sum_{i=1}^M p_i(r) = 1$  выбирается очередное состояние  $S(r+1)$ . В начале поиска, когда отсутствует априорная информация о функции  $Q(x)$ , экстремум которой отыскивается, эти вероятности считаются одинаковыми:  $p_i(0) = 1/M; i = 1, \overline{M}$ . Средой, в которой функционирует автомат, является произвольная кривая  $Q(x)$ , которая реагирует на действие  $x_i(r-1)$  следующим образом:

$$y(r) = \begin{cases} 1, & \text{если } Q[x_i(r-1)] \leq Q^* \text{ (выигрыш);} \\ 0, & \text{если } Q[x_i(r-1)] > Q^* \text{ (штраф).} \end{cases} \quad (3)$$

Здесь  $Q^* = \min Q_j^* (1 \leq j \leq M; i \neq j)$ ;

$$Q_j^* = \min [A_\infty, Q[x_j(r-1)]], \quad (4)$$

где  $A_\infty$  – положительное большое число, например верхняя оценка значений  $Q(x)$ ;

$Q[x_j(r-1)]$  – наименьшее из значений функции  $Q(x)$ .

Идея поиска глобального экстремума функции при помощи вероятностного автомата с переменной структурой основана на таком перераспределении вероятностей  $p_i$ , чтобы состояние  $S_k$  соответствовало подынтервалу  $[(x_k - \omega/2), (x_k + \omega/2)]$  ( $\omega$  – ширина подынтервала), который содержит точку глобального экстремума. Значение вероятности в этом случае

$$p_k(r+1) = \max_{1 \leq i \leq M} p_i(r+1). \quad (5)$$

Выполнение этого условия обеспечивает асимптотически оптимальное поведение автомата, при котором с заданной точностью  $\varepsilon$  выполняется система неравенств

$$\begin{aligned} [p_k(r) - 1] &\leq \varepsilon, \text{ если } Q[x_k(r)] < Q[x_j(r)]; \\ p_j(r) &\leq \varepsilon \text{ для } j = 1, \bar{M}, j \neq K. \end{aligned} \quad (6)$$

В этом случае поведение автомата при  $r \rightarrow \infty$  характеризуется условием

$$p_k(r) > p_j(r), \text{ если } Q[x_k(r)] < Q[x_j(r)]. \quad (7)$$

Условия, выраженные зависимостями (6) и (7), используют в качестве условий окончания поиска глобального экстремума.

Изменение вектора вероятностей  $\bar{p}(r)$  можно характеризовать линейной моделью Буше – Мостеллера. Для формализации понятий «выигрыш» и «штраф» результат испытаний в точке  $x_i(r)$  на  $r$ -м шаге поиска сравнивается с элементом  $Q_{\min}^* = \min_{1 \leq i \leq M} Q^*$  (при минимизации функции). Тогда величину входа автомата  $y(r+1)$  определяют по аналогии с условием зависимости (3). На каждом шаге поиска  $\bar{p}(r)$  преобразуется по формулам

$$\bar{p}(r+1) = \bar{T}_p(r); \quad \sum_{i=1}^M p_i(r+1) = 1. \quad (8)$$

Значение  $\bar{T}$  может быть определено в виде преобразования Буше – Мостеллера:

$$\bar{T}r = \lambda I + (1 - \lambda)A(r); \quad (9)$$

где  $I$  – единичная матрица;

$\lambda$  – постоянная, определяющая размер шага поиска;

$A(r)$  – матрица одинаковых столбцов  $\lambda(r)$  ( $M \times M$ ) ( $\lambda(r)$  – вектор из  $M$  элементов, который определяет структуру автомата на каждом шаге).

Используя преобразование Буше–Мостеллера (9), в котором  $\bar{T}$  является стохастической матрицей и вектор  $\lambda(r)$  удовлетворяет условию  $\sum_{j=1}^M \lambda_j(r) = 1$ , можно вероятности выбора состояний  $S_j$  ( $j = 1, \bar{M}$ ) перерас-

пределить таким образом, чтобы вероятность появления  $i$ -го состояния, обеспечивающего выигрыш, увеличивалась, а при штрафе оставалась без изменений. С учетом этого разрабатывают стратегию поиска глобального экстремума и с помощью автомата Буше–Мостеллера составляют алгоритмы для имитационной модели какого-либо процесса в лесном комплексе.

В качестве примера можно рассмотреть оптимизацию параметров и режимов перемещения сошника лесной сеялки в почве. Вначале необходимо выполнить имитационное моделирование этого процесса. Для проведения многофакторного эксперимента из варьируемых показателей были взяты угловые параметры анкерного коробчатого сошника лесной сеялки СПП-3Ш в виде угла вхождения  $\alpha$  и угла раствора боковых граней  $\theta$ . В качестве варьируемых режимных факторов выбраны глубина хода сошника  $a$  и плотность почвы  $p$ . Значения факторов и уровней их варьирования представлены в табл. 1.

Образование борозд на лесных почвах относится к сложным процессам. Поэтому для более полного его раскрытия было выбрано несколько оценочных критериев: тяговое сопротивление сошника  $R$ , показатель устойчивости хода в виде заглубляющего момента  $M_z$ , ширина зоны деформации сошника  $B_d$ , продольное смещение почвы в зоне движения сошника  $l_{пр}$ .

При оптимизации параметрических и режимных показателей работы сошника использовали композиционный  $B$ -план второго порядка, для

Таблица 1

Фактор	Обозначение		Интервал варьирования факторов, %	Уровни варьирования факторов				
	натуральное	нормализованное		Отрицательное звездное плечо ( $-\alpha$ )	Нижний ( $-1$ )	Центр эксперимента ( $0$ )	Верхний ( $+1$ )	Положительное звездное плечо ( $+\alpha$ )
Угол вхождения в почву, град	$\alpha$	$x_1$	20	40	50	60	70	80
Угол раствора боковых граней, град	$\theta$	$x_2$	20	30	40	50	60	70
Глубина хода сошника, см	$a$	$x_3$	3	4	5,5	7	8,5	10
Твердость почвы, Н/см <sup>2</sup>	$p$	$x_4$	9,9	1,2	4,35	9,9	15,45	21

построения матрицы которого планировалось проведение 31 опыта ( $N$ ), включая восемь звездных точек ( $2K$ ) и семь опытов в центре плана ( $n_0$ ). Уменьшение систематической ошибки достигалось рандомизацией опытов. Полученное уравнение регрессии для плана Бокса имеет вид

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_1x_4 + a_8x_2x_3 + a_9x_2x_4 + a_{10}x_3x_4 + a_{11}x_1^2 + a_{12}x_2^2 + a_{13}x_3^2 + a_{14}x_4^2 + a_{15}. \quad (10)$$

Это уравнение решали с помощью стандартного пакета MIC POSTA.

Уравнение регрессии для критерия  $y_2$  ( $M_3$ ) составляли в соответствии с (10). Для остальных критериев уравнения регрессии представляли в виде функции  $y = e^z$ , где  $Z$  раскрывали по выражению (10).

После расчета данных регрессионного анализа по указанной программе с учетом значимости коэффициентов были получены следующие уравнения:

$$y_2 = -0,229x_1 + 0,027x_2 + 1,13x_3 + 0,043x_4 + 0,002x_1^2 + 0,0014x_2^2 + 0,001x_1x_2 - 0,008x_2x_3 - 0,006x_3x_4; \quad (11)$$

$$Z_1 = 0,0715x_1 + 0,049x_2 + 0,843x_3 - 2,4x_4^2 + 0,9x_1x_2 - 0,7x_2x_3 - 5,97; \quad (12)$$

$$Z_3 = -0,011x_1 - 0,015x_2 + 0,057x_3 + 0,002x_4 + 0,0001x_1^2 + 0,0002x_3^2 - 0,0003x_1x_4 + 3,636; \quad (13)$$

$$Z_4 = 0,051x_1 + 0,035x_2 + 0,083x_3 + 0,003x_4 - 0,004x_1^2 + 0,0003x_1x_2 - 0,0001x_1x_4 + 0,0007x_4 + 2,368. \quad (14)$$

Экстремальные точки целевых функций находили изложенным методом стохастических автоматов по составленному алгоритму глобального поиска экстремумов функции с использованием преобразования Буше-Мостеллера. В соответствии с этим алгоритмом была разработана и программа оптимизации.

Трудность решения данной конкретной задачи оптимизации (что потребовало применения специального метода стохастических автоматов) заключается в том, что оптимальные значения варьируемых факторов существенно разнятся в зависимости от принятых оценочных критериев (табл. 2).

Например, оптимальные значения углового параметра  $\alpha$  получены в области, близкой к минимуму по критериям  $y_1$  и  $y_2$ :  $\alpha = 40,17...41,94^\circ$  – по  $y_1$  и  $\alpha = 40,07...42,81^\circ$  – по  $y_2$ . В то же время по критериям  $y_3$  и  $y_4$  оптимальные значения  $\alpha$ , напротив, смещены в область максимума:  $\alpha = 59,97...79,80^\circ$  – по  $y_3$  и  $\alpha = 77,39...79,77^\circ$  – по  $y_4$ .

Такой разброс оптимумов  $\alpha$ , в частности, объясняется тем, что при малых углах  $\alpha$  облегчается скольжение почвы и снижается  $R$ . Наблюдаемое при этом удлинение носка сошника приводит к росту  $M_3$  за счет добавочного давления вниз деформируемой почвы. Но при малых углах  $\alpha$  возрастают размеры зоны скалывания почвы, а это приводит к увеличению  $B_d$  и  $l_{пр}$ . Поэтому по критериям  $y_3$  и  $y_4$  оптимумы смещаются в области максимальных значений.

Таблица 2

Фактор	Обозначение		Глубина хода сошника, см	Оптимальные значения факторов по критериям			
	натуральное	кодированное		$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$
Угол вхождения в почву, град	$\alpha$	$x_1$	4	40,17	40,07	77,35	77,39
			6	41,90	41,41	79,80	79,68
			10	41,94	42,81	59,97	79,77
Угол раствора боковых граней, град	$\theta$	$x_2$	4	30,05	67,77	48,64	30,44
			6	68,21	69,99	45,53	31,17
			10	68,80	69,78	36,61	31,35
Глубина хода сошника, см	$a$	$x_3$	-	4,13	4,07	4,01	4,21
Твердость почвы, Н/см <sup>2</sup>	$p$	$x_4$	4	6,08	6,98	20,98	20,06
			6	6,25	6,14	19,55	20,15
			10	6,48	6,05	6,24	17,67

Как видно из табл. 2, оптимальные значения углового параметра  $\Theta$  также неоднозначны по разным  $u_i$  и даже при разной глубине хода сошника  $a$ . При небольшой величине  $a = 4$  см по критерию  $u_1$  получается минимальное значение  $\Theta = 30,05^\circ$ . При таком угле  $\Theta$  создаются лучшие условия для скольжения почвы, что приводит к снижению  $R$ . Но при  $a = 6...10$  см оптимум  $\Theta$  смещается в сторону больших углов, равных  $68,21...68,80^\circ$ . Это объясняется тем, что при малых углах  $\Theta$  значительно возрастает длина боковых граней сошника и соответственно площадь их контакта с почвой, что приводит к увеличению  $R$ . Такая же закономерность была выявлена нами при исследованиях деформаций почвы с помощью специального сошника с динамометрическими датчиками [3]. Снижение  $R$  с ростом  $\Theta$  приводит к увеличению заглубляющего момента  $M_3$ , и оптимум  $\Theta$  по критерию  $u_2$  смещается в область больших углов  $\Theta$ :  $\Theta = 67,77...69,99^\circ$ . Минимальные значения  $B_d$  и  $l_{пр}$  получены при небольших значениях  $\Theta = 36,61...48,64^\circ$  – по критерию  $u_3$  и  $\Theta = 30,44...31,35^\circ$  – по критерию  $u_4$ . Создание лучших условий для скольжения почвы при этих значениях  $\Theta$  ведет к меньшему вспучиванию почвы в зоне работы сошника и меньшему ее протаскиванию.

В то же время в сложном процессе работы сошника имеют место однозначные явления. Так, достаточно определенным можно считать получение оптимума по всем критериям  $u_i$  для небольшой величины  $a$ . Чем меньше глубина хода сошника, тем меньше его тяговое сопротивление, размеры зон деформаций почвы и лучше заглубляемость сошника. Выявляется и малозначимое влияние отдельных факторов: Так, твердость почвы  $p$  при всех выбранных нами режимах работы сошника не оказывает существенного влияния на изменение критериев  $u_i$ , о чем, кроме данных табл. 2, свидетельствует отсутствие члена с  $x_4$  в уравнении регрессии (12). Предварительное уплотнение почвы только несколько положительно сказывается на снижении размеров зон деформации почвы – оптимальные значения  $B_d$  и  $l_{пр}$  по-



лучены при  $p = 17,67 \dots 20,88 \text{ Н/см}^2$ , т. е. при значениях  $p$ , близких к максимальному  $p = 21 \text{ Н/см}^2$ .

Поскольку анализируемое оптимизационное поле содержит несколько, в том числе разнящихся по знакам, экстремумов, потребовалось ввести обобщенный критерий с количественной оценкой значимости каждого частного критерия.

Для свертки отдельных критериев в обобщенный можно применять способ, основанный на взвешивании каждого из них [2]. Вес отдельного критерия устанавливают в зависимости от его важности для качества работы сошника. При посеве лесных семян большое значение имеет выдерживание постоянной глубины их заделки. Поэтому наиболее существенным следует считать способность сошника устойчиво перемещаться на любой заданной глубине. С учетом этого максимальный вес устанавливают для критерия  $y_2$ , оценивающего заглубляющие свойства сошника по моменту  $M_3$ , а далее по степени значимости располагаются остальные критерии:  $k_2 = 0,45$ ;  $k_3 = 0,25$ ;  $k_1 = 0,2$ ;  $k_4 = 0,1$ . В этом случае обобщенный критерий  $y$  определяют по формуле

$$y = k_1 y_1 + k_2 y_2 + k_3 y_3 + k_4 y_4 = \\ = 0,2 y_1 + 0,45 y_2 + 0,25 y_3 + 0,1 y_4. \quad (15)$$

Данные расчетов по обобщенному критерию приведены в табл. 3.

Оптимизация по обобщенному критерию  $y$  для различных режимов работы сошника по глубине  $a = 4 \dots 10$  см позволила выйти на достаточно узкие оптимизационные интервалы:  $\alpha = 40,46 \dots 42,94^\circ$ ,  $\theta = 68,97 \dots 69,61^\circ$ . Твердость почвы при этом оказалась в пределах от 6,2 до 11,4  $\text{Н/см}^2$ .

Аналогичные сложные противоречивые процессы наблюдаются при взаимодействии рабочих органов машин не только с такой анизотропной средой, как почва, но и с древесиной, которая также обладает неоднородными свойствами. Поэтому аналогичные трудности ожидают исследователей при обосновании параметров и режимных показателей рабочих органов машин на лесосечных работах, нижних лесных складах, при комплексной переработке древесины и т. п.

Таблица 3

Фактор	Обозначение		Оптимальные значения факторов по обобщенному критерию $y$ при $a$ , см		
	натуральное	кодированное			
			4	7	10
Угол вхождения в почву, град	$\alpha$	$x_1$	40,46	42,83	42,94
Угол раствора боковых граней, град	$\theta$	$x_2$	69,61	69,02	68,97
Глубина хода сошника, см	$a$	$x_3$	4,2	6,04	9,05
Твердость почвы, $\text{Н/см}^2$	$p$	$x_4$	11,14	6,74	6,62

Метод стохастических автоматов позволяет достоверно решать различные оптимизационные задачи для сложных неоднозначных процессов в лесном комплексе. Разработав достаточно большой пакет программ на основе этого метода для разных видов работ лесного комплекса, можно значительно расширить области исследований по определению оптимальных параметров машин и оборудования для самых различных условий их работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Батищев Д.Н. Поисковые методы оптимального проектирования.- М.: Сов. радио, 1975. - 216 с. [2]. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследование процессов деревообработки.- М.: Лесн. пром-сть, 1984.- 232 с. [3]. Пошарников Ф.В. Определение удельного сопротивления деформации почвы//Лесн. хоз-во.- 1976.- № 5.- С. 57-59.

Поступила 5 июля 1995 г.

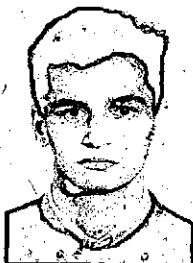
УДК 519.87:631.529

*Б.К. ТЕРМЕНА, В.В. БУДЖАК*

Черновицкий государственный университет



Термена Борис Константинович родился в 1932 г., окончил в 1963 г. Украинскую сельскохозяйственную академию, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники и охраны природы Черновицкого государственного университета. Имеет 107 печатных трудов в области дендрологии, адаптации древесных растений и математического моделирования адаптационных возможностей растений.



Буджак Василий Васильевич родился в 1971 г., окончил в 1993 г. Черновицкий государственный университет, аспирант кафедры ботаники и охраны природы. Имеет 10 печатных трудов.

## АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЯБИНЫ ГЛОГОВИНЫ

На основании анализа биоэкологических особенностей в природных условиях и в различных пунктах интродукции с использованием методов математического моделирования выявлены адаптационные возможности *Sorbus torminalis* и составлена картосхема ее возможной интродукции в пределах евроазиатского континента.

The adaptational opportunities of *Sorbus torminalis* have been brought out and the chart has been made on its possible introduction within the European-Asian continent based on the analysis of bioecological peculiarities of the natural conditions and ones of different introduction areas using the methods of mathematical modelling.

Рябина глоговина (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) – ценная древесная порода. Ее тяжелая прочная древесина, имитирующая дорогое красное дерево и сравнимая по качеству с древесиной самшита и бука, в основном шла на изготовление мебели [5]. Известны декоративность этого растения и лекарственные свойства плодов.

Уже в начале нашего века существовали сортиментные таблицы [2], что говорит о масштабах заготовки древесины глоговины в прошлом. В лесах западных областей Украины запасы этой породы резко сократились.

Сегодня рябина глоговина стала редкостью, мало используется в практике зеленого строительства и лесоводстве, хотя многие исследователи подчеркивают, что забыта она незаслуженно [4, 12]. Ее следует шире внедрять в лесные культуры, использовать для озеленения и за пределами естественного ареала.

Рябина глоговина распространена главным образом в Средней и Южной Европе, Северной Африке и Малой Азии. Обычно растет отдельными деревьями или небольшими группами. Встречается в каштановых и буковых лесах Средиземноморья. В сосновых лесах Альп имеет вид кустарника или небольшого дерева. Широко распространена на Кавказе. На Украине произрастает крайне редко в широколиственных лесах Карпат, Западной и Правобережной Лесостепи. Восточная граница ее распространения проходит вдоль р. Неман, Припять, Южный Буг [15].

В культуре ареал этого вида значительно шире, что дает основание для изучения адаптационных возможностей рябины глоговины в целях более широкого внедрения в культуру и расширения культурного ареала. Она известна в Минске, Каунасе, Саласпилсе [11], Ростове-на-Дону [1], Москве [13], Уссурийске [8], а также в Курской, Ростовской областях [6], на лесостепной опытной станции в Липецкой области [7]. Встречается в культуре в С.-Петербурге [3], где лишь в некоторые годы с теплым сухим летом и мягкой зимой отмечено плодоношение.

За границей естественного ареала, особенно в северо-восточных районах, где недостаточно тепла и сравнительно мало солнечных дней, семена *S. torminalis* не вызревают. Можно предположить, что это одна из

**Шкала интегральной оценки жизнеспособности  
и перспективности древесных растений**

Показатель	Балл
<b>Ростовые процессы</b>	
Изменяет жизненную форму	0,1
Рост:	
угнетенный, но форма сохраняется	0,5
ниже нормального	1,0
нормальный	1,5
выше нормального	2,0
<b>Генеративное развитие</b>	
Не цветет	0,1
Цветет спорадически, в благоприятные годы, не плодоносит	0,5
Цветет нормально, не плодоносит	1,0
Плодоносит спорадически, жизнеспособность семян низкая	1,5
Плодоносит слабо	2,0
Семенная продуктивность нормальная, но жизнеспособность семян низкая	2,5
Плодоносит обильно, образует вполне жизнеспособные семена	3,0
<b>Зимостойкость</b>	
Растение вымерзает целиком	0,1
Обмерзание:	
всей надземной части	0,3
кроны до снегового покрова	0,5
двухлетних и более старых частей растений	1,0
50...100 % длины однолетних побегов	1,5
не более 50 % длины однолетних побегов	2,0
Повреждений нет	2,5
<b>Засухоустойчивость</b>	
Растения не засухоустойчивы. Листья теряют тургор, который не восстанавливается даже при поливе. Наблюдаются массовые ожоги листьев	0,1
Растения малозасухоустойчивы. Листья в засуху теряют тургор, который до конца вегетационного периода восстанавливается медленно или совсем не восстанавливается. Наблюдается засыхание листовой пластинки без появления осенней окраски. Для нормального роста и развития требуют систематического полива в течение летнего периода	0,3
Растения относительно устойчивы к засухе. Листья в засуху теряют тургор, который возобновляется при поливе и дожде. Часть листьев имеет незначительные ожоги. Успешно растут с обязательным поливом в засушливый период	0,5
Растения засухоустойчивы, т. е. переносят засуху без повреждений, могут расти и развиваться без полива	1,0

Примечание. В основу оценки показателей положены соответствующие шкалы оценок, разработанные П.И. Лапиным и С.В. Сидневой [10]. Шкала засухоустойчивости разработана А.Н. Кормилициным [9].

причин, не позволяющих рябине глоговине распространиться на север и восток. В то же время сегодня обсуждаются находки *S. torminalis* на территории Бельгии, севернее от границы ее естественного ареала в Арденских горах [16].

В целях изучения адаптационных особенностей рябины глоговины нами была составлена матрица основных климатических показателей, отобранных на основании факторного и корреляционного анализов. В ее основу положены многочисленные литературные данные, результаты анализа ростовых процессов, характера генеративного развития, зимо- и засухоустойчивости исследуемого вида в различных климатических условиях (табл. 1), а также личные наблюдения и материалы интродукционной работы ботанических садов.

Факторным и корреляционным анализом установлено, что многие климатические показатели линейно зависимы, вследствие чего стало возможным ограничиться 11 параметрами уравнений, суммарное влияние которых охватывает 95,5...99,9 % общего воздействия комплекса климатических факторов. Существенность коэффициентов множественной корреляции проверена с помощью критерия Стьюдента [14].

В связи с ограничением числа пунктов интродукции рябины глоговины, для построения математической модели адаптационных возможностей *S. torminalis* использована диалоговая система (ДС), разработанная в Киевском институте кибернетики им. В.М. Глушкова на основании метода группового учета аргументов (МГУА). Метод МГУА основан на поиске моделей оптимальной сложности путем перебора большого числа моделей-претендентов по так называемым внешним критериям. Использование ДС наиболее эффективно на начальных этапах изучения объекта или процесса, а также для получения оптимальной математической модели по результатам экспериментальных наблюдений при недостаточности знаний о структуре внутренних взаимосвязей. Область использования системы – моделирование и прогнозирование сложных природных, экологических процессов и систем.

При использовании данной системы на ПЭВМ было получено 11 моделей адаптационных возможностей рябины глоговины. Наиболее адекватной оказалась модель

$$CKO = 0,1399; R = 0,2810;$$

$$Y = -0,1099 + 1,0010Y_7(3) + 6,0679 \cdot 10^{-4}X_{10},$$

где  $Y_7(3) = 0,0269 + 1,0151Y_6(3) - 5,8865 \cdot 10^{-3}X_7;$

$$Y_6(3) = 0,2198 + 0,9747Y_5(3) + 0,0115X_4;$$

$$Y_5(3) = 1,8639 + 0,8699Y_4(3) + 0,1679X_3 - 8,6617 \cdot 10^{-3}Y_4(3)X_3 + 2,8699 \cdot 10^{-3}(X_3)^2;$$

$$Y_4(3) = -0,0206 + 0,4390Y_3(3) + 0,5645Y_3(8);$$

$$Y_3(3) = -0,0250 + 0,1736Y_2(3) + 0,8308Y_2(6);$$

$$Y_3(8) = -1,9117 + 1,5272Y_2(8) - 0,1506X_8 - 0,0631Y_2(8)X_8 + 0,0444(X_8)^2;$$

$$Y_2(3) = -0,1466 + 0,5221Y_1(3) + 0,5031Y_1(6);$$

$$Y_2(6) = 10,8170 + 1,4427Y_1(6) - 0,6438X_{11} - 0,0730(Y_1(6))^2;$$

$$Y_2(8) = -0,4069 + 0,6646Y_1(8) + 0,5056Y_1(6) - 0,0156Y_1(8)Y_1(6);$$

$$Y_1(3) = 9,4322 + 0,2968X_3 - 0,0771X_9 - 0,0175X_3X_9;$$

$$Y_1(6) = 9,1787 - 1,3105X_6 - 0,0526X_3 - 0,2760X_6X_3 - \\ - 3,3194(X_3)^2 - 0,0120(X_3)^2;$$

$$Y_1(8) = -15,190 + 2,0842X_8 + 0,1063X_2 - 0,0115X_8X_2 + 0,0428(X_8)^2,$$

СКО – средняя квадратичная ошибка моделирования;

R – максимальная разность между фактическим и модельным значениями;

Y – интегральный показатель жизнеспособности и перспективности в баллах,  $Y = 0,4 \dots 8,5$ ;

$X_2$  – число дней с температурой выше  $+5^\circ\text{C}$ ;

$X_3$  – средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха;

$X_4$  – средняя температура воздуха наиболее холодного месяца;

$X_6$  – коэффициент увлажнения;

$X_7$  – средний дефицит влажности воздуха в период спорофилогенеза;

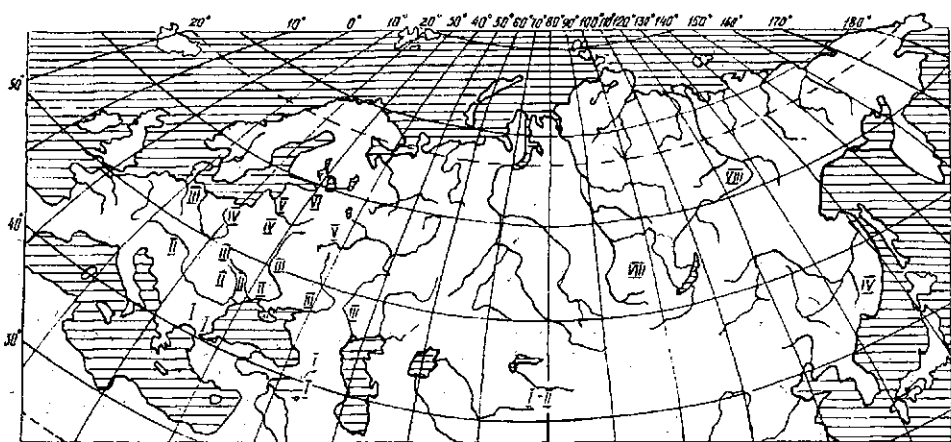
$X_8$  – среднесуточная температура воздуха в период микро- и макроспорогенеза;

$X_9$  – среднесуточная температура воздуха в осенний период вегетации;

$X_{10}$  – показатель континентальности климата;

$X_{11}$  – показатель фотопериодического действия.

Модель адаптационных возможностей *S. torminalis* нами использована для составления картосхемы интродукции данного вида на территории евроазиатского континента (см. рисунок). Математическое моделирование позволяет установить комплексное действие основных метеорологических и климатических факторов с учетом их компенсаторного действия или объединения отдельных факторов в единый комплекс, который усиливает негативное воздействие каждого из них. Другие методы для этого непригодны.



Картосхема возможной интродукции *Sorbus torminalis* (L.) Crantz: I – натурализовавшаяся; II – вполне перспективна; III – перспективна; IV – менее перспективна; V – малоперспективна; VI – условно перспективна; VII – неперспективна; VIII – абсолютно непригодна

Важна также возможность предвидеть характер будущего генеративного развития, что особенно ценно для видов с длительным ювенильным периодом. Успешность интродукции можно спрогнозировать с определенной гарантией, что, в свою очередь, дает большой экономический эффект за счет исключения затрат на непосредственное испытание нового вида в культуре.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бойченко Е. П. Презимовка древесных и кустарниковых растений в Ростове-на-Дону в 1953/54 гг. // Бюл. Глав. бот. сада. - 1955. - Вып. 22. - С. 20 - 24.
- [2]. Волощук А. С. Реликтовое дерево береки // Вісник садів винограду і огородництва. - Харків, 1930. - № 9,10. - С.29 - 35. [3]. Вольф Э. П. Наблюдения над морозостойкостью древесных растений. - Петроград, 1917. - 49 с. [4]. Гурский А. В. Основные итоги интродукции древесных растений в СССР. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. - 302 с. [5]. Деревья и кустарники, культивируемые в Украинской ССР (покрытосеменные). - К.: Наук. думка, 1986. - 720 с. [6]. Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР. - М.: Наука, 1975. - 547 с. [7]. Колесников А. И. Декоративная дендрология. - М.: Лесн. пром-сть, 1974. - 704 с. [8]. Копия отчета о НИР АН СССР, ДВНЦ. - Уссурийск, 1971. - 382 с. [9]. Кормилицин А. Н. Методические рекомендации по подбору деревьев и кустарников для интродукции на юге СССР. - Ялта: Таврида, 1977. - 29 с. [10]. Лапин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. - М.: ГБС АН СССР, 1973. - С.7-68. [11]. Мауринь А. М., Пука Т. Ф., Риекстинь Н. Р. Декоративные древесные и кустарниковые породы в коллекциях ботанического сада в Саласпилсе // Бюл. Глав. бот. сада. - М.: Наука, 1960. - Вып. 29. - С. 14 - 25. [12]. Озеленение населенных мест. - К.: Изд-во Академии архитектуры Украинской ССР, 1952. - 745 с. [13]. Петрова И. П. Особенности роста видов рябин в Москве в 1979 году // Бюл. Глав. бот. сада. - М.: Наука, 1981. - Вып. 122. - С.35 - 40. [14]. Термена Б. К., Кибич И. В., Станкевич Л. Г. Прогнозирование результатов интродукции некоторых восточноазиатских древесных растений семейства *Rosaceae* // Бюл. Глав. бот. сада. - М.: Наука, 1987. - Вып. 145. - С. 8 - 14. [15]. Чопик В. И. Редкие и исчезающие растения Украины. - К.: Наукова думка, 1978. - 211 с. [16]. Stein J. L'abisier (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) en ardenne belge // Natura mosana. - 1986. - 39, N1. - S. 4 - 9.

---

Поступила 26 июня 1995 г.

УДК 630\*453.768.24

А.К. АРТИХОВСКИЙ

Воронежская государственная лесотехническая академия



Артиховский Анатолий Константинович родился в 1923 г., окончил в 1951 г. Воронежский лесохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных работ в области изучения экологической роли леса, биологических методов борьбы с вредителями.

## О РОЛИ НАСЕКОМЫХ В ВОЗНИКНОВЕНИИ И РАЗВИТИИ ОЧАГОВ КОРНЕВОЙ ГУБКИ

Показана роль стволовых вредителей как причины усыхания сосны в очагах корневой губки. Выделены три категории насекомых-носителей грибного патогена. Указаны профилактические мероприятия по борьбе с корневой губкой.

The role of stem insects as the reason of pine drying in the pine fungus centres is shown. Three categories of insects are distinguished - the bearers of fungus pathogene. Preventive measures against pine fungus are pointed out.

Известно, что корневая губка не является облигатным паразитом и ведет сапрофитный образ жизни, развиваясь в лесной подстилке, на опавших ветвях и побегах. Важнейшим условием повышения вирулентности гриба является накопление в насаждении ослабленных и усыхающих деревьев. По мнению Н.В. Катичевой [4], гриб, переходя к паразитизму, вначале заселяет полуживой субстрат – свежие пни, а затем отмирающие, ослабленные и здоровые деревья. Однако, по сведению И.А. Алексеева [1], очаги корневой губки могут развиваться и в насаждениях, не пройденных рубками ухода. Очевидно, в этих условиях роль полуживого субстрата выполняют отмирающие деревья. И.Т. Ермак [3] замечает, что корни ослабленных деревьев менее устойчивы к поражению корневой губкой. О более интенсивном росте мицелия гриба на корнях ослабленных сосен сообщали многие зарубежные исследователи.

Известный лесной фитопатолог С.Ф. Негруцкий [6] указывает, что гриб *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst., находясь в сапрофитной стадии в



верхнем гумусовом горизонте, при ослаблении деревьев нападает на растущие сосны. Быстрое накопление ослабленных сосен в молодняках, вступивших в стадию дифференциации и самоизреживания, происходящих в основном за счет отставших в росте и развитии деревьев (IV и V классы роста), сопровождается появлением стволовых вредителей и повышением вирулентности гриба *F.annosa*. Как справедливо отмечает И.А. Алексеев [1], естественный процесс самоизреживания насаждений «в определенных условиях становится как предпосылкой для возникновения заболевания корневой губкой, так и его следствием. В возникающих очагах усыхание как бы выхватывает отставшие в росте и слабо развитые деревья».

Ослабление лесных экосистем вызывается разнообразными причинами, среди которых далеко не последняя роль принадлежит насекомым. Хвоегрызущие вредители при массовом размножении полностью объедают кроны деревьев, что приводит к потере прироста и значительному ослаблению сосновых древостоев. Сильное ослабление сосновых молодняков вызывают сосновый подкорный клоп, личинки хрущей и другие насекомые.

Велика роль стволовых вредителей, которые, по исследованиям А.И. Воронцова [2], являются непосредственной причиной усыхания сосны в очагах корневой губки. Если их нет, от гриба гибнет лишь около 25 % деревьев по сравнению с контролем. По нашим наблюдениям, большое значение в очагах корневой губки имеют большой и малый сосновые лубоеды (*Blastophagus piniperda* L. и *B. minor* Hart.), сочетающие признаки вторичных и первичных вредителей (доминирует, как правило, большой сосновый лубоед). Их личинки развиваются на ослабленных деревьях, и в этой стадии лубоеды являются типичными вторичными вредителями.

Вылетающие молодые жуки нуждаются в дополнительном питании, проводимом ими в сердцевине сосновых побегов, которые под влиянием ветра обламываются и падают на землю.

При стрижке побегов потери хвои могут достигать 75 % [5], сильно ослабляя здоровые сосны по периферии очагов корневой губки. В этом случае большого и малого соснового лубоедов следует рассматривать как типичных первичных вредителей.

В условиях лесостепи в первичном ослаблении сосен лубоедами активно помогает черный сосновый усач (*Monochamus galloprovinciales* Germ.), жуки которого, как и сосновые лубоеды, дополнительно питаются в кронах здоровых сосен, обгладывая кору и луб на побегах. Объеденные усачом побеги также часто обламываются. Стрижка побегов сосновыми лубоедами и повреждения побегов, наносимые черным сосновым усачом, приводят к изреживанию крон здоровых деревьев, особенно заметному в их вершинной части, что в ряде случаев неверно диагностируется лесоводами как результат заражения корневой губкой. Ослабленные деревья вновь подвергаются нападению тех же лубоедов и усачей (а также других стволовых насекомых), заселяющих эти деревья уже как вторичные вредители. Прогрессирующее ослабление сосен приводит к потере ими

устойчивости к корневой губке и дальнейшему развитию очагов грибной инфекции.

В последнее время для обозначения очага корневой губки все чаще используют термин «комплексный хронический очаг корневой губки и стволовых вредителей», подчеркивая этим, что очаги развиваются с участием и гриба, и стволовых вредителей.

Известно, что деревья усыхают куртинами, очаг расширяется по радиусу, постепенно захватывая все новые участки леса. При этом наибольшее количество свежеселенных сосен находится на периферии в кольце, примыкающем к участку старого сухостоя.

Куртинный характер очага усыхания, возможно, объясняется тем, что большой и малый сосновые лубоеды проводят дополнительное питание на деревьях, расположенных вблизи тех, из которых они вылетели. При смешивании сосны с лиственными породами площадками, размещенными в шахматном порядке, очаг усыхания, возникший в сосновом насаждении, окруженном изолирующими площадками лиственных пород, не выходит за его пределы.

Сказанным далеко не исчерпывается вся гамма сложных взаимоотношений между грибом *F. annosa* и насекомыми. Говоря о значительной роли насекомых в ослаблении сосновых древостоев, нельзя не отметить и их большое значение как переносчиков грибной инфекции. О возможности активного переноса различными насекомыми гриба *F. annosa* от больных деревьев к здоровым писали И.А. Алексеев [1] и С.Ф. Негруцкий [6]. По А.П. Василяускасу и др. [7], такие насекомые, как *Trypodendron signatus* Ol., *Blastophagus piniperda* L., *Hylastes brunneus* Er., *Hylobius abietis* L. и *Pissodes pini* L., после пребывания в чистой культуре корневой губки способны переносить инфекцию гриба в течение трех суток.

В настоящее время нами выделены три категории насекомых-носителей патогена: активные переносчики грибной инфекции; пассивные носители грибной инфекции; открывающие ворота грибной инфекции.

Рассмотрим указанные категории более подробно.

1. Насекомые - активные переносчики патогена. К ним в первую очередь нами отнесены два вида, развитие которых (от личинки до имаго) полностью проходит в корнях, свежих пней и ослабленных деревьев, в том числе и пораженных корневой губкой. Это большой сосновый долгоносик (*Hylobius abietis* L.) и большой сосновый корнежил (*Hylastes sater* Payn).

Большой сосновый долгоносик, как и гриб *F. annosa*, предпочитает не слишком сухие и не особенно влажные условия произрастания (А<sub>2</sub>, В<sub>2</sub>, С<sub>2</sub>). В очагах корневой губки подобно патогену он заселяет свежие сосновые пни, в том числе и зараженные грибом, на лесосеках и вырубках 1-6-летней давности, откладывая яйца в области корневой шейки, на корневые лапы, а также на выступающие корни ослабленных деревьев. Личинки прокладывают ходы в корнях сверху вниз, которые становятся ребристыми, и окукливаются в колыбельках, углубленных в древесину (рис. 1).

Контактирование насекомого с грибной инфекцией не ограничивается периодом его развития и пребывания в корнях, зараженных патогеном пней. Вылетевшие из пней молодые жуки зимуют в лесной подстилке, которая, по исследованиям И.Я. Шемякина [8] и С.Ф. Негруцкого [6], является благоприятной средой для обитания корневой губки.

В 1995 г. нами на лесосеках Правобережного лесничества ВГЛТА в очагах корневой губки с использованием приманок из кусков свежей сосновой коры было собрано 36 долгоносиков. В лабораторных условиях их умерщвляли и после слабого измельчения с помощью стерильных препаровальных игл вносили в глубь сусло-агара в чашках Петри, которые затем помещали в термостат при температуре 28...38 °С. Через 2 недели в некоторых чашках был обнаружен мицелий корневой губки. Из 36 исследованных жуков лишь 5 (14 %) оказались зараженными грибным патогеном. Перенос долгоносиком грибной



Рис. 1. Ходы в корнях пней, проложенные большим сосновым долгоносиком (по Судейкину)

инфекции на здоровые деревья может осуществляться в процессе его дополнительного и возобновительного питания, когда насекомые выгрызают на молодых сосенках кору и луб площадками диаметром до 5 мм, расположенными по всей высоте стволиков. При сильном поражении площадки соединяются друг с другом, открывая дополнительный путь инфекции.

Большой сосновый корнежил ведет образ жизни, не оставляющий сомнений в активном переносе инфекции корневой губки. Его личинки, как и большого соснового долгоносика, развиваются и окукливаются в корнях свежих пней и больных деревьев, в том числе и зараженных грибом *F. annosa*. Молодые жуки проводят дополнительное питание, выгрызая у корневой шейки и в корнях молодых сосенок в коре и лубе узкие извилистые ходы (площадки), и проникают по корням глубоко в почву (рис. 2). Возможный путь заражения здоровых сосенок корневой губкой –



Рис. 2. Ходы дополнительного питания большого соснового корнежила на молодой сосне (по Гусеву и др.)

передача грибной инфекции жуками в период дополнительного питания, а также через нанесенные ими повреждения корням (ворота инфекции) непосредственно из почвы. Следовательно, пни не только сами являются источниками мицеляльной и споровой инфекции, но и рассадниками насекомых - переносчиков патогена.

2. Насекомые - пассивные носители грибной инфекции. В настоящее время установлено [7], что некоторые представители низших насекомых, в частности ногохвостки, питающиеся в очагах корневой губки разлагающейся органической массой и бактериями, могут содержать в пищеварительном тракте жизнеспособные споры корневой губки.

Учитывая, что ногохвостки не повреждают древесные растения и, следовательно, не могут активно заражать их корневой губкой или открывать ворота инфекции, мы рассматриваем эту группу насекомых как пассивных носителей патогена.

3. Насекомые, открывающие ворота грибной инфекции. К ним относятся главным образом корневые вредители и в первую очередь пластинчатоусые, среди которых в сосновых насаждениях распространены и вредоносные хрущи. По нашим исследованиям в условиях свежей субори Правобережного лесничества ВГЛГА, плотность поселения майского хруща на опушках молодняков и средневозрастных насаждений в отдельные годы достигала 70 личинок на 1 м<sup>2</sup>. Объединенными были не только тонкие корешки сосен, но и корни диаметром 8...10 мм. Наличие же ран на корнях сосен, как известно, значительно облегчает их заражение грибом *F. annosa*.

Помимо хрущей корни молодых сосенок повреждают черный скосарь (*Otiorrhynchus niger* L.), серый сосновый долгоносик (*Brachyderes incanus* L.) и др. Их личинки живут в почве и питаются корнями молодых сосенок: тонкие корешки они совсем перегрызают, а толстые обгладывают с поверхности.

К насекомым, открывающим путь инфекции в очагах корневой губки, следует отнести также и личинок комара-долгоножки (*Pachyrrhina crocata* L.), обгладывающих корни и подземные части стволиков сосновых всходов, личинок полосатого шелкоуна (*Agrotis lineatus* L.), подбедающих подземные части стволиков в сосновых и еловых культурах, гусениц совки сосновых всходов (*Agrotis vestigialis* Rott.), обгрызающих корневые шейки сосновых сеянцев.

Подводя итог сказанному и не претендуя на полноту изложенного, возможно сделать следующие предварительные выводы.

1. Роль насекомых в возникновении и развитии очагов корневой губки более значительна, чем это предполагалось до последнего времени.

2. Хвоегрызущие насекомые, полностью объедая кроны сосен в процессе неоднократных массовых размножений, приводят к значительному ослаблению сосновых древостоев и в дальнейшем к возможному заражению стволовыми вредителями и корневой губкой.

3. В переносе грибной инфекции особенно существенна роль насекомых, развивающихся в корнях пней ослабленных и усыхающих сосен (большой сосновый долгоносик, большой сосновый корнежил и др.).

4. В расширении очагов корневой губки активное участие принимают большой и малый сосновые лубоеды, черный сосновый усач, сочетающие признаки вторичных и первичных вредителей.

5. Корневые вредители, прежде всего личинки хрущей, нанося значительные поранения корневым системам сосен, открывают широкие ворота грибной инфекции.

6. В системе лесозащитных профилактических мероприятий по борьбе с корневой губкой должны быть предусмотрены:

1) раскорчевка пней и вырубка ослабленных и отмирающих деревьев, что снижает агрессивность грибного патогена, предотвращает размножение стволовых вредителей и насекомых-переносчиков грибной инфекции, а в целом уменьшает возможность возникновения новых очагов усыхания;

2) лесохозяйственные, биологические и физико-механические приемы борьбы с корневыми вредителями и в первую очередь с хрущами;

3) создание смешанных хвойно-лиственных насаждений площадками, расположенными в шахматном порядке;

4) введение в состав лесных культур высокосмолистых видов сосен, более устойчивых к заражению насекомыми и корневой губкой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

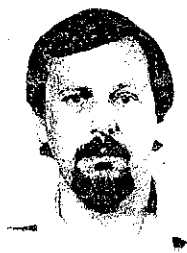
- [1]. Алексеев И. А. Лесохозяйственные меры борьбы с корневой губкой. - М.: Лесн. пром-сть, 1969. - 76 с. [2]. Воронцов А. И. Патология леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 267 с. [3]. Ермак И. Т. Биоэкология корневой губки и меры борьбы с ней в сосновых насаждениях Белорусской ССР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Минск, 1971. - 24 с. [4]. Катичева Н. В. Корневая губка в лесах Брянской области и меры борьбы с ней: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - М., 1965. - 18 с. [5]. Лесная энтомология / М. Н. Римский-Корсаков, В. И. Гусев, В. Я. Шиперович и др. - М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. - 498 с. [6]. Негруцкий С. Ф. Корневая губка. - М.: Лесн. пром-сть, 1973. - 182 с. [7]. Роль некоторых клещей и ногохвосток в переносе корневой губки / А. П. Василяускас, Б. Ю. Кажемекене, З. И. Багдонавичене, Б. А. Кадите // Защита хвойных насаждений от вредителей и болезней: Матер. к Всесоюз. совещ. - Каунас, 1978. - С. 156 - 158. [8]. Шемякин И. Я. Опыт борьбы с корневой губкой и направление дальнейших исследований // Вопросы лесозащиты. - М., 1963. - С. 139 - 140.

Поступила 5 декабря 1995 г.

УДК 630\*165.51

*А.А. АФОНИН, Е.Н. САМОШКИН*

Брянский государственный педагогический университет  
Брянская государственная инженерно-технологическая академия



Афонин Алексей Алексеевич родился в 1959 г., окончил в 1981 г. Брянский педагогический институт, ассистент Брянского государственного педагогического университета по курсам генетики, цитологии и дарвинизма. Область научных интересов – популяционная биология.



Самошкин Егор Никитич родился в 1934 г., окончил в 1960 г. Всесоюзный заочный лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой дендрологии и лесной селекции Брянской государственной инженерно-технологической академии, академик РАЕН. Имеет более 100 научных работ по генетике и селекции древесных растений.

## АНАЛИЗ ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОЧЕК ИВЫ ПЕПЕЛЬНОЙ

Показана определяющая роль генотипа в формировании качественных и количественных признаков генеративных почек ивы пепельной. Установлен диаллельный характер наследования длины почек, обоснована гипотеза об аллополиплоидном происхождении вида.

The determining genotype role is shown in forming qualitative and quantitative attributes of generative buds of ashy willow. The diallell character of inheriting the buds length is stated, the hypothesis on allopolyploid origin of this species is substantiated.

Ива пепельная – наиболее распространенный вид ив средней полосы России. Ее кора широко используется для дубления кож, листья – на корм

скоту, однолетние побеги – для плетения; она ранний медонос, пластична, увеличивает биологическое разнообразие природных ландшафтов.

Ввиду большой изменчивости морфологических признаков отнесение конкретных особей к данному виду представляет некоторые трудности. Особенно сложно определять этот вид в безлистном состоянии.

Возможно, одной из причин большой морфологической изменчивости вида является его полиплоидность. Известно [7], что гаплоидное число хромосом ( $n$ ) в роде ива равно 19, а диплоидное ивы пепельной – 76 [5]. Следовательно, этот вид является тетраплоидом.

В большинстве определителей [2, 4, 6 и др.] важным диагностическим признаком является морфология генеративных почек и их размеры, однако описаны они крайне неполно: часто конкретные особи трудно отнести к данному виду.

Задача исследования состояла в том, чтобы определить для ивы пепельной пределы изменчивости генеративных почек, закономерности наследования размеров и формы почек в популяции, а также соотношение их генотипической и паратипической изменчивости.

Исследования проводили на второй надпойменной террасе левобережья р. Десны в зеленой зоне г. Брянска на площади 4 км<sup>2</sup>. Было заложено три пробных участка с выравненными экологическими условиями: первый – на южной опушке смешанного леса (совместно с пепельной произрастают ивы трехтычинковая, пятитычинковая, белая, шерстистопобеговая), отличается высокой освещенностью, почвы болотные торфянисто-глеевые, имеют проточное увлажнение; второй – на северной опушке черноольшаника (обнаружены также ивы мирзинолистная, ушастая), имеет слабую освещенность, почвы – те же; третий – на южной экспозиции осокового болота (встречаются ивы ушастая, розмаринолистная), характеризуется высокой освещенностью, почвы болотные торфянистые с застойным увлажнением.

В середине зимы с каждого куста на всех трех участках отбирали хорошо развитые верхние однолетние замещающие побеги с генеративными почками. На первом участке исследовали 89 кустов, на втором – 25, на третьем – 51. Описывали морфологию и определяли с точностью до 1 мм модальную длину 3-4 верхних генеративных почек. Классовый интервал принят 1 мм. Установлено, что почки этой серии однородны по морфологическим признакам, а их длина изменяется очень мало (в пределах 1 мм).

Для анализа отбирали следующие морфологические признаки: треугольность формы почки, заостренность верхушки и ее отогнутость от стебля. Корреляцию между этими признаками определяли как коэффициент контингенции Пирсона  $\Phi^2$  для качественных признаков [1], достоверность корреляционных отношений оценивали с помощью критерия  $\chi^2$  (табл. 1).

Анализ результатов показывает, что во всех случаях корреляция недостоверна, т.е. признаки наследуются независимо, однородны в пределах клона, а их комбинации дают восемь основных морфологических типов

Таблица 1

Пара признаков	$\phi^2$	$\chi^2$
Заостренность – треугольность	0,0213	1,90
Заостренность – отогнутость	0,0402	3,54
Отогнутость – треугольность	0,0188	1,67

Примечание.  $\chi^2_{\text{табл}} = 3,84$  при уровне значимости  $P = 0,05$  и числе степеней свободы  $k = 1$ .

почек: 1) неотогнутые, незаостренные, нетреугольные; 2) неотогнутые, незаостренные, но треугольные; 3) неотогнутые, нетреугольные, но заостренные; 4) неотогнутые, но заостренные и треугольные; 5) незаостренные, нетреугольные, но отогнутые; 6) незаостренные, но отогнутые и треугольные; 7) нетреугольные, но отогнутые и заостренные; 8) отогнутые, заостренные, треугольные. Каждый из этих признаков – отогнутость, заостренность, треугольность – может считаться независимо наследуемым и детерминированным не менее чем одной парой аллелей.

Измерение длины почек от прилистникового рубца до кончика верхушки показало, что заостренность верхушки почек увеличивает их длину, а отогнутость, напротив, уменьшает, однако это различие сопоставимо с величиной классового интервала (1 мм). Поэтому при распределении особей по классам длины почек кусты с заостренными почками (например длиной 8,0...8,9 мм) относились к предыдущему классу (от 7,0 до 7,9 мм), а с отогнутыми при той же длине – к последующему (от 9,0 до 9,9 мм). Во всех трех выборках (с участков 1, 2 и 3) отчетливо проявляется трехвершинный характер распределения особей по длине почек. Подобные распределения свидетельствуют о моногенном диаллельном характере наследования признака с неполным доминированием одного из аллелей (А или а). Было принято, что растения с короткими почками имеют генотип *aa* (гомозиготы), с почками средней длины – генотип *Aa* (гетерозиготы), с длинными почками – генотип *AA* (гомозиготы). Промежуточные фенотипы распределяли, исходя из предположения, что внутри каждого генотипического класса (*aa*, *Aa*, *AA*) существует распределение, близкое к нормальному. Данные о длине почек были сгруппированы для дисперсионного анализа (табл. 2).

Совокупность материалов по каждой выборке рассматривали как однофакторный неравномерный дисперсионный комплекс, т. е. учитывали влияние гена А. Для оценки действия экологических факторов был выполнен дисперсионный анализ пар выборок и всей совокупности данных в виде двухфакторных неравномерных дисперсионных комплексов: учитывали влияние генотипа и условий обитания [1].

Во всех случаях выявлено существенное влияние генотипа и незначительное – условий обитания на длину почек (табл. 3). Обращает на себя внимание довольно большая доля остаточной дисперсии, что может быть связано с высокой изменчивостью внутри клона.



Таблица 2

Длина почек, мм	Изменчивость длины генеративных почек в зависимости от условий обитания и генотипа в выборках														
	1					2					3				
	$n_0$	$n_k$	$n_{aa}$	$n_{Aa}$	$n_{AA}$	$n_0$	$n_k$	$n_{aa}$	$n_{Aa}$	$n_{AA}$	$n_0$	$n_k$	$n_{aa}$	$n_{Aa}$	$n_{AA}$
13,0...13,9	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,0...12,9	1	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,0...11,9	3	10	-	9	1	1	3	-	-	3	2	4	-	-	4
10,0...10,9	17	11	-	11	-	3	2	-	2	-	5	0	-	-	-
9,0...9,9	18	12	3	9	-	3	4	-	4	-	5	5	-	5	-
8,0...8,9	16	17	14	3	-	7	2	2	-	-	5	7	-	7	-
7,0...7,9	22	18	18	-	-	5	6	6	-	-	19	9	6	3	-
6,0...6,9	9	14	14	-	-	6	5	5	-	-	8	18	18	-	-
5,0...5,9	1	3	3	-	-	-	3	3	-	-	3	6	6	-	-
4,0...4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2	-	-

Примечание.  $n_0$ ,  $n_k$  — частота фенотипов фактическая и скорректированная с учетом заостренности и отогнутости почек;  $n_{aa}$ ,  $n_{Aa}$ ,  $n_{AA}$  — скорректированные частоты фенотипов в пределах генотипических классов aa, Aa, AA.

Таблица 3

Номер выборки	Влияние на длину генеративных почек								
	генотипа			условий обитания			прочих факторов		
	$s_A^2$	$F_{\text{факт}}$	$h_A^2$	$s_E^2$	$F_{\text{факт}}$	$h_E^2$	$s_z^2$	$h_z^2$	$s_y^2$
1	2,58	102	0,73	-	-	-	0,95	0,27	3,53
2	2,95	53	0,83	-	-	-	0,61	0,17	3,56
3	2,44	119	0,81	-	-	-	0,58	0,19	3,02
1, 2	4,49	168	0,82	0,17	9	0,03	0,90	0,16	5,56
2, 3	4,55	168	0,86	0,13	8	0,02	0,60	0,11	5,28
1, 3	4,13	83	0,56	1,09	33	0,15	2,12	0,29	7,34
1, 2, 3	5,70	284	0,81	0,48	24	0,07	0,80	0,11	6,98

Примечание.  $s_A^2$  — генотипическая дисперсия по гену А;  $h_A^2$  — степень влияния аллелей гена А (коэффициент наследуемости в узком смысле);  $s_E^2$  — средовая (экологическая) дисперсия;  $h_E^2$  — степень влияния условий обитания;  $F_{\text{факт}}$  — фактическое значение критерия Фишера для генотипической и средовой дисперсий;  $s_z^2$  — остаточная (внутригрупповая) дисперсия;  $h_z^2$  — степень влияния неучтенных факторов;  $s_y^2$  — общая дисперсия. Все результаты статистически достоверны:  $F_{\text{факт}} > F_{\text{табл}}$  при  $P = 0,01$ .

В качестве гипотезы было принято, что в каждой из выборок (с участков 1, 2 и 3) и во всей совокупности исследованных растений существует равновесие в соответствии с законом Харди-Вайнберга. Частоту аллеля а ( $p_a$ ) рассчитывали по формуле

Таблица 4

Номер выборки	Генотип	$n_{\text{факт}}$	$p_a$	$q_A$	$n_{\text{теор}}$	Отклонение	$\chi^2_{\text{факт}}$
1	aa	52	0,76	0,24	51,4	+ 0,6	0,2
	Aa	32			32,5	- 0,5	
	AA	5			5,1	- 0,1	
2	aa	16	0,76	0,24	14,5	+ 1,5	3,04
	Aa	6			9,1	- 3,1	
	AA	3			1,4	+ 1,6	
3	aa	32	0,77	0,23	30,2	+ 1,8	1,26
	Aa	15			18,1	- 3,1	
	AA	4			2,7	+ 1,3	
1, 2, 3	aa	100	0,77	0,23	97,8	+ 2,2	1,80
	Aa	53			58,4	- 5,4	
	AA	12			8,7	+ 3,3	

Примечание.  $n_{\text{факт}}$  – фактическая частота генотипа в выборках;  $p_a$ ,  $q_A$  – частоты аллелей а и А соответственно;  $n_{\text{теор}}$  – частота генотипа, рассчитанная по формуле Харди-Вайнберга;  $\chi^2_{\text{табл}} = 4,60$  при  $P = 0,10$  и  $k = 2$ .

$$p_a = (n_{aa} + 1/2n_{Aa}) : N,$$

где  $n_{aa}$  – число гомозигот aa;  
 $n_{Aa}$  – число гетерозигот;  
 $N$  – общий объем выборки.

Частоту аллеля А определяли по формуле

$$q_A = 1 - p_a.$$

Ожидаемые частоты генотипов устанавливали по формуле Харди-Вайнберга [3]. Сравнение фактических и теоретических частот генотипов (табл. 4) показывает, что фактическое распределение хорошо аппроксимируется уравнением Харди-Вайнберга при  $p_a = 0,76...0,77$ , что подтверждает гипотезу о моногенном диаллельном характере наследования длины генеративных почек.

#### Выводы

1. Морфология и размеры генеративных почек ивы пепельной представляют собой совокупность генетически обусловленных признаков, наследуемых независимо друг от друга. Одна пара аллелей (а и А) обуславливает общую длину почек; не менее трех пар – их морфологию (заостренность, треугольность, отогнутость), причем заостренность и отогнутость оказывают модифицирующее влияние на длину.

2. Влияние условий обитания слабое, со степенью около 7 %, тогда как влияние генотипа, в частности аллелей гена А, на порядок выше (81 %).

3. Диаллельная схема наследования длины почек показывает, что ива пепельная имеет аллополиплоидное происхождение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М.: Высш. шк., 1980.- 290 с. [2]. Маевский П.Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР.- Л.: Колос, 1964. - С. 193 - 196. [3]. Маттлер Л., Грегг Т. Генетика популяций и эволюция. - М.: Мир, 1972. - 323 с. [4]. Рычин Ю.В. Древесно-кустарниковая флора.- М.: Просвещение, 1972. - С. 203. [5]. Флора Европейской части СССР.- Л.: Наука, 1981. - Т. 5. - С. 10 - 33. [6]. Чепик Ф.А. Определитель деревьев и кустарников.- М.: Агропромиздат, 1985. - 125 с. [7]. Чуксанова Н.А. Эволюция кариотипов растений// Успехи современной генетики.- М.: Наука, 1974. - Вып. 5. - С. 200 - 209.

Поступила 11 мая 1995 г.

УДК 630\*182

*В.А. ЛИПАТКИН*

Московский государственный университет леса

Липаткин Владимир Александрович родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Московский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры промышленной экологии и защиты леса Московского государственного университета леса. Имеет 22 печатные работы по лесной энтомологии и лесозащите.



### **О ФОРМИРОВАНИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Приведены этапы формирования представлений об устойчивости биологических систем надорганизменного уровня, рассмотрены особенности этого понятия применительно к анализу лесных экосистем. Показана целесообразность рассмотрения устойчивости развития вместо устойчивости состояния лесных экосистем.

Stages of forming concepts on sustainability of biological systems of over-organism level are described. The peculiarities of this notion are reviewed as applied to forest ecosystems analysis. The expediency of considering sustainable development instead of sustainable condition of forest ecosystems is shown.

При определении состояния лесных насаждений, делении их на здоровые и больные, решении вопроса о характере процессов, происходящих под воздействием экологических факторов, приходится определять устойчивость лесных насаждений в целом и к действию тех или иных факторов в частности.

Лес – это элемент географического ландшафта, состоящий из совокупности деревьев, занимающих доминирующее положение, кустарников, напочвенного покрова, животных и микроорганизмов, в своем развитии биологически взаимосвязанных, влияющих друг на друга и на внешнюю среду [32]. Он представляет собой разновидность экосистем, единое целое с многочисленными управляющими механизмами поддержания присущих ему структуры и свойств. Поэтому такие понятия, как гомеостаз, стабильность и устойчивость, используемые для обозначения способности биологической системы оставаться относительно неизменной в течение определенного периода (сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних и внутренних факторов), широко применяются лесоводами при анализе ведения лесного хозяйства, оценке и анализе реакции лесных экосистем на различные по природе, продолжительности, характеру и степени экзо- и эндогенные воздействия [17, 18, 21, 24, 31 и др.]. Например, санитарное состояние лесов предлагается оценивать по биологической устойчивости лесных насаждений [3, 14, 25].

Между тем в ряде публикаций последних лет указывается на неоднозначность этого термина, а также многоаспектность использования понятия устойчивости (равно как стабильности и гомеостаза) как в теоретической, так и прикладной экологии, что свидетельствует о незавершенности теоретических исследований в этом направлении [6, 18, 21, 22, 31]. Отмечается, что устойчивость системы – одно из наиболее сложных и противоречивых понятий, порожденных системным подходом [21]. А по мнению Ю.Г. Пузаченко [22], применительно к биологическим объектам это понятие условное. Оно представляет собой логико-математическую конструкцию, гипотезу, с которой мы сверяем реальность, что существенно снижает возможности ее непосредственного изменения и оценки, приводит к множественности логико-математических моделей.

Изложенное вынуждает уточнить содержание понятий устойчивости, гомеостаза и стабильности по отношению к биологическим системам надорганизменного уровня в целом и лесным экосистемам в частности. Но прежде целесообразно рассмотреть, как складывались представления об устойчивости биологических объектов надорганизменного уровня у лесоводов, а также у биологов-экологов различных направлений, в медицине и географии.

Первый этап формирования понятийного аппарата экологии осуществляли биологи разных направлений. Переходя постепенно от познания организма и его взаимоотношений со средой обитания к познанию сообществ и их взаимоотношений с окружающей средой, биологи

подходили к изучению сообщества как к сверхорганизму [8], зачастую используя прежний понятийный аппарат. Этим объясняется расширение сферы применения таких понятий, как гомеостаз и устойчивость. Понятие гомеостаза из чисто физиологического становится универсальным и содержит представление о взаимодействии вещей, свойств и отношений, поддерживающих в данное время данное состояние не только отдельных организмов, но и любых надорганизменных биологических систем [10]. А представление о свойстве организмов не поражаться, например, какой-либо болезнью было перенесено на сообщества организмов из учения об иммунитете. Можно привести многочисленные примеры использования понятия устойчивости для характеристики различной восприимчивости или выносливости лесных насаждений к воздействию как биотических, так и абиотических факторов. Это устойчивость древостоев к ветровалу, снеголому, воздействию насекомых, дереворазрушающих грибов и т. д. [1, 2, 18, 31, 33].

Если оценивали какую-либо характеристику состояния одного объекта, то под устойчивостью подразумевали относительную неизменность этой характеристики во времени (например устойчивые погода, снеговой покров). Так же устанавливали и реакцию объекта на воздействие извне, постоянство интенсивности процессов во времени.

При характеристике устойчивости нескольких объектов использовали *отношения сравнения* или *порядковые отношения*. В первом случае пары (группы) ценозов сравнивали по принципу: этот (эти) устойчивее того (тех). Во втором случае сообщества ранжировали по устойчивости (нечто похожее на экологическую ординацию) как в целом, так и по отношению к действию конкретного экологического фактора [1-3, 19, 33]. Именно такой подход был принят за основу при составлении ряда исследовательских и производственных государственных программ по ведению лесного хозяйства, повышению биологической устойчивости лесных насаждений [1, 2].

Представления об устойчивости лесов развивались одновременно со становлением в середине текущего столетия учения о лесных сообществах. Так, анализируя различия в восприимчивости или выносливости лесных насаждений, отличающихся друг от друга по составу, возрастной структуре, уровню ведения лесного хозяйства и т. д., к воздействию как биотических, так и абиотических факторов в целом, А.И. Воронцов [1] ввел в практику лесозащиты понятие о биологически устойчивых насаждениях. По его мнению, такие насаждения при воздействии на них патологических факторов не заболевают. Напротив, больной лес неустойчив, в нем нарушаются гомеостатические механизмы [2].

На втором этапе наряду с *отношениями сравнения* и *порядковыми отношениями* при анализе устойчивости объектов стали фигурировать *отношения типа признаков, классификации и принадлежности*. В качестве примера можно привести распространенное

деление лесных насаждений на три класса биологической устойчивости [3, 12, 14].

Представления о биологической устойчивости лесных насаждений и лесных биогеоценозов формировались накануне широкомасштабной математизации биологических наук, когда системный подход в биологии только начинал внедряться.

Начало третьего этапа формирования понятий устойчивости биологических систем совпадает с развитием системных исследований и математизации биологии. Привлечение математиков, кибернетиков, специалистов в области теории управления объектами и системами к описанию динамики биологических процессов, имитационному моделированию на основе современной вычислительной техники способствовало углубленному анализу проблем, связанных с понятием устойчивости сообществ живых организмов [9, 16, 27, 34]. Оно сопровождалось проникновением и закреплением в среде биологов ряда технических и математических идей, понятий, принципов, таких как упругость, эластичность, амортизация, надежность, отказ [5, 6, 9, 34, 36, 37]. Эти понятия, используемые в описании закономерностей поведения механических, информационных и т. п. систем вместе с соответствующим математическим аппаратом, стали использоваться и при анализе поведения биологических систем надорганизменного уровня.

Одновременно резко повышался интерес к проблемам устойчивости био- и геосистем. В.С. Преображенский [20] это объяснил так: во-первых, понятие устойчивости показало свою полезность в решении широкого круга научно-технических задач; во-вторых, оно опирается на физические модели, т. е. модели науки, которая часто рассматривается как наиболее развитая наука-эталон.

В этот период общее понятие устойчивости начали расчленять на множество частных, каждое из которых отражало определенные стороны процессов и структурных преобразований объектов исследования.

В настоящее время осуществляется переход к четвертому этапу формирования понятийной области устойчивости биологических систем, в котором в основе анализа кроме *отношений классификации, принадлежности, порядковых и сравнения* используются *количественные отношения*. Нормирование оценок устойчивости является необходимым условием при разработке современных методов решений экологических проблем.

Следуя рассуждениям большинства исследователей, анализирувавшим устойчивость биологических систем преимущественно по колебаниям численности нескольких поколений лабораторных популяций [21, 27, 28], можно прийти к выводу, что устойчивыми следует считать только те экосистемы, сообщества которых находятся в стадии климакса [4, 18, 29]. Только в этих сообществах завершается сукцессия, длительное время сохраняется число видов, их численность и структура взаимосвязей, т. е. наступает устойчивое состояние. Продолжительное функционирование

климаксовых сообществ в условиях воздействия возмущающих факторов среды максимально отвечает определению устойчивости как способности системы выдерживать изменение, вызванное извне, или восстанавливаться после него [23].

Есть и другая позиция во взглядах на устойчивость систем. Ряд исследователей считают, что любые системы могут признаваться абсолютно устойчивыми уже в силу самого факта их существования [8, 15, 21].

Развивая тезис об устойчивости всех наблюдаемых состояний системы [15] и предложение считать устойчивыми все системы, в которых нет явных эволюционных смен, в том числе и в результате деятельности человека [8], М.Г. Сергеев [21] предлагает говорить не об устойчивости самой системы или ее структуры в каждый определенный момент времени, а об устойчивости как характеристике процесса развития, организованного в пространстве и времени, как моно(олиго)вариантной способности экосистемы воспроизводить свою структуру в серии сукцессионных смен в пределах катены.

Действительно, многим лесным экосистемам в силу прохождения ими разных (не конечных) стадий сингенеза (в узком понимании этого понятия, т. е. в значении сукцессионного ряда, «синонтогенеза» [8]) свойственно отсутствие стационарного состояния. Даже конечной стадии лесной сукцессии – климаксу – присущи изменения [30]. Скорость изменений может быть меньше, приближаться к асимптоте или колебаться около нее, однако они всегда характерны для сообщества. По утверждению С.Г. Спурра и Б.В. Барнеса [30], лесные экосистемы по своей природе никогда не достигают равновесия по нескольким причинам: непостоянство климата; наличие суточной и сезонной цикличности в природе, квазипериодичности солнечной активности и т. д.; различная продолжительность онтогенеза у отдельных видов и особей деревьев, кустарников, трав, бактерий, грибов, простейших, членистоногих и прочих беспозвоночных всех размеров, типов и форм позвоночных – всего живого, что составляет лесной биоценоз. Поэтому лесные экосистемы постоянно изменяются во времени и пространстве, их устойчивость лишь относительна и поверхностна.

В то же время каждое лесное насаждение имеет определенную траекторию развития. Она предопределяется природно-климатическими особенностями местности, типом условий местопроизрастания, онтогенезом и историческим развитием лесных сообществ [11, 19]. Поэтому, на наш взгляд, есть все основания применить понятие устойчивости к таким лесным экосистемам, но рассматривать при этом стабильность не состояния, а траектории развития, устойчивость движения [26, 35], проявляющуюся в способности лесной экосистемы поддерживать заданный уровень выходных показателей в течение заданного интервала времени [7]. Показатели, используемые для характеристики стабильности развития как серийных, так и климаксных лесных экосистем, могут быть весьма разнообразны [13, 18, 21].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воронцов А.И. Биологические основы защиты леса. - М.: Высш. шк., 1960. - 342 с. [2]. Воронцов А.И. Патология леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 270 с. [3]. Воронцов А.И., Мозолевская Е.Г., Соколова Э.С. Технология защиты леса. - М.: Экология, 1991. - 304 с. [4]. Голубец М.А., Царик И.В. Стабильность и устойчивость - важные функциональные особенности // Проблемы устойчивости биологических систем. - М.: Наука, 1992. - С. 32 - 39. [5]. Гомеостаз на различных уровнях организации биосистем / Под ред. В.Н. Новосельцева. - Новосибирск: Наука, 1991. - 232 с. [6]. Гродзинский М.Д. Устойчивость геосистем: теоретический подход к анализу и методы количественной оценки // Изв. АН СССР. Сер. географ. - 1987. - № 6. - С. 5 - 15. [7]. Кондауров Н.С., Харин О.А. Оценка состояния и прогнозирования развития лесного фонда с учетом воздействия экологических факторов // Науч. тр. / Моск. лесотехн. ин-т. - 1990. - Вып. 225. - С. 5 - 11. [8]. Красилов В.А. Эволюция и биостратиграфия. - М.: Наука, 1977. - 256 с. [9]. Левич А.П. Понятие устойчивости в биологии. Математические аспекты // Человек и биосфера. - М.: Изд-во МГУ, 1976. - Вып. 1. - С. 138 - 174. [10]. Логинов А.А. Гомеостаз: философские и общебиологические аспекты. - Минск: Вышэйш. шк., 1979. - 176 с. [11]. Мелехов И.С. Лесоводство. - М.: Агропромиздат, 1989. - 301 с. [12]. Мозолевская Е.Г. Санитарное состояние и биологическая устойчивость насаждений Хоперского заповедника // Тр. Хоперск. заповедника. - 1961. - Вып. 4. - С. 31 - 46. [13]. Мозолевская Е.Г. К методологии мониторинга состояния лесов // Науч. тр. / Моск. лесотехн. ин-т. - 1990. - Вып. 225. - С. 44 - 55. [14]. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 152 с. [15]. Мойсеев Н.Н. Алгоритмы развития. - М.: Наука, 1987. - 304 с. [16]. Молчанов А.М. Об устойчивости экосистем // Всесторонний анализ окружающей природной среды: Тр. II сов.-америк. симпозиума. - Л.: Гидрометеоиздат, 1976. - С. 212 - 229. [17]. Мониторинг лесных экосистем: Тез. докл. - Каунас, 1986. - 378 с. [18]. Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам / В.Г. Стороженко, М.А. Бондарцева, В.А. Соловьев, В.И. Крутов. - М.: Наука, 1992. - 221 с. [19]. Основы лесной биогеоценологии / Под ред. В.Н. Сукачева, Н.В. Дылыса. - М.: Наука, 1964. - 574 с. [20]. Преображенский В.С. Проблемы изучения устойчивости геосистем // Устойчивость геосистем. - М.: Наука, 1983. - С. 4-7. [21]. Проблемы устойчивости биологических систем: Тез. науч. конф. - Харьков, 1990. - 480 с. [22]. Проблемы устойчивости биологических систем: Сб. ст. - М.: Наука, 1992. - 104 с. [23]. Риклефс Р. Основы общей экологии. - М.: Мир, 1979. - 424 с. [24]. Рожков А.А., Козак В.Т. Устойчивость лесов. - М.: Агропромиздат, 1989. - 239 с. [25]. Санитарные правила в лесах Российской Федерации / Мин. экологии и природн. ресурсов РФ. Комитет по лесу. - М.: Экология, 1992. - 16 с. [26]. Светлосанов В.А. Трудности и успехи в исследовании устойчивости гео- и экосистем // Вестн. МГУ. Сер. География. - 1977. - № 4. - С. 30 - 38. [27]. Светлосанов В.А. Устойчивость и стабильность природных экосистем (модельный вариант) // Итоги науки и техники. Сер. Теоретич. и общ. вопросы географии. - 1990. - Т. 8. - 148 с. [28]. Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. - М.: Наука, 1978. - 352 с. [29]. Семевский Ф.Н., Семенов С.М. Математическое моделирование экологических процессов. - Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 280 с. [30]. Спурр С.Г., Барнес Б.В. Лесная экология / Пер. с англ.-



М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 480 с. [31]. Стабильность и продуктивность лесных экосистем: Тез. докл.- Тарту: ТГУ, 1985. - 191 с. [32]. Терминологический словарь по специальности лесоустройство и лесоинвентаризация.- М.: Изд-во ЮНИФИР совместно с ВНИИЦлесресурс, 1993. - 80 с. [33]. Устойчивость лесов к воздействию насекомых: Тез. науч. конф. - Красноярск, 1991. - 70 с. [34]. Федоров В. Д. Концепция устойчивости экологических систем//Всесторонний анализ окружающей природной среды: Тр.сов.-америк. симпозиума. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - С. 207 - 217. [35]. Фурасов В. Д. Устойчивость движения, оценки и стабилизация. - М.: Наука, 1977. - 248 с. [36]. Holling C.S. Resilience and stability of ecological systems // Ann. Rev. of Ecology and Systematics. - 1973. - Vol. 4. - P. 1 - 23. [37]. Orians G.H. Ecological concepts of sustainability // Environment (Washington). - 1990. - Vol. 32, N 9. - P. 10- 15, 34 - 39.

Поступила 31 мая 1995 г.

УДК 630\*281

**А.Н. МЕДВЕДЕВ, В.И. САХАРОВ, А.П. МАРКОВИН**

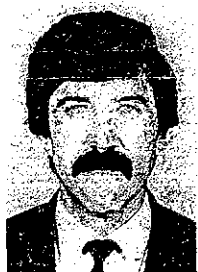
Казахский сельскохозяйственный институт  
Научно-производственный кооператив «Клон»

Медведев Алексей Николаевич родился в 1925 г., окончил в 1948 г. Воронежский лесохозяйственный институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур Казахского сельскохозяйственного института, научный руководитель научно-производственного кооператива «Клон». Имеет 65 печатных работ в области эколого-типологических основ лесовосстановления и лесоразведения, а также лесных культур.



Сахаров Владимир Иванович родился в 1940 г., окончил в 1963 г. Казахский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, приват-доцент кафедры лесных культур Казахского сельскохозяйственного института, ведущий научный сотрудник научно-производственного кооператива «Клон». Имеет 32 печатные работы по разработке методов изучения феногенетики количественных признаков / в древесных популяциях и оценки эколого-генетической структуры популяций.





Марковин Александр Павлович родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Казахский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, председатель научно-производственного кооператива «Клон». Имеет 20 печатных работ в области создания плантационных культур, агротехники ускоренного выращивания посадочного материала, а также гибридизации древесных видов.

## НАПРАВЛЕНИЕ И МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ ДЛЯ ПЛАНТАЦИОННОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

На основании оценки эколого-генетической структуры популяций хвойных видов и биоэкологических особенностей лесных плодовых определены направления и методы селекции для плантационного и экологического производства. Дана количественная оценка уровня конкуренции на новогодней плантации с помощью методов анализа стационарных случайных процессов в связи с выходом товарной продукции.

The directions and selection methods for plantational and ecological productions are specified based on the assessment of ecologo-genetic structure of coniferous species populations and bioecological peculiarities of forest fruit species. The quantitative estimate of the competition level on the new year tree plantation is given with the help of methods of stationary random processes related to the output of trade production.

Стратегия и тактика лесной селекции должны определяться ухудшением экологической ситуации, вызываемым антропогенными факторами, увеличивающейся потребностью в лесных продуктах, целенаправленностью создания искусственного леса.

Отмечается бесперспективность методов фенотипического неоднократного отбора по нескольким полигенным признакам в популяции, находящейся в устойчивом равновесном состоянии, имеющей максимальную среднюю приспособленность и минимальное генетическое разнообразие подвижного показателя, достигшего оптимального «потолка» при действии лимитирующих факторов среды. Неполнота данных об эколого-генетической структуре популяций, наследственных особенностях отобранных для размножения особей и их групп приводит к иллюзорности селекционной работы.

Традиционные методы изучения генотипической структуры популяций, основанные на классических моделях генетики количественных признаков, имеют ограничения в получении оценок количественно-генетических параметров популяций. Методика полусибанализа допускает генетическую корреляцию родитель-потомок, равную 0,5, пребывание по-

пуляции в состоянии равновесия, свободное скрещивание. Невыполнение этих требований или несоответствие ограничивающих условий статистического метода характеру изучаемых совокупностей (например несоответствие шкал при оценке наследуемости в узком смысле по регрессии потомков на родителей) обязательно внесут искажения в результаты и могут подтолкнуть на ошибочный путь селекции. В ряде случаев причины искажений не стоит искать в несоответствии особенностей популяций какой-либо теоретической модели, так как принятие альтернативы ограничивающих условий будет столь же обоснованно, как и непринятие, хотя некоторые из них могут соблюдаться (размеры популяции, панмиксия). О сбалансированности мутационного и селекционного давления, при котором соотношение частот различных аллелей во всех локусах находится в состоянии равновесия (для модели Райта-Фишера), рискованно сказать что-то достоверное. В соблюдении случайности спаривания в панмиксной популяции могут быть нарушения, так как не исключается преимущество в оплодотворении определенных генотипов при экстремальных условиях среды, аутогамия, апомиксис. Искажения в оценках возможны из-за многозначности и целостности явлений, когда ряд эффектов практически неделим и сказывается на конечном выражении признака у родителей и потомков: влияние матерей и экологическое последствие, общность среды для потомков или отличие среды родителей и потомков, онтогенетические различия родителей и потомков, колебание лимитирующих факторов и изменение условий конкуренции.

Испытания различных количественных методов оценки генотипической структуры популяций древесных видов (в том числе поли- и диаллельный анализ сосны обыкновенной в Центральном Казахстане и интродуцированной в горы Заилийского Алатау) показали возможность регистрации изменений генотипических оценок в возрастных и экологических рядах по количественным признакам различных популяций, выявили влияние матерей и экологическое последствие у полусибов, их реакцию на контролируруемую вариацию внешних факторов. Изменение оценок коэффициентов наследуемости при анализе подвижных показателей полусибового потомства в градиенте условий среды характеризует наследственно обусловленное разнообразие реакций групп семей на изменение экологической ситуации и генотипические различия исходных популяций. Поскольку из оценок наследуемости нельзя выделить большинство искажающих помех, то использовались они в сравнительном плане при едином методическом подходе, основанном на варьировании объектов, условий и применении разных способов анализа явлений. Это позволило установить существенные различия в эколого-генетической структуре популяций хвойных видов, определить направление и методы селекции.

Особенности структуры популяций сосны обыкновенной кулундинской (низкий уровень генотипического разнообразия, высокая средняя приспособляемость, малая скорость отбора) не позволяют ориентировать селекцию на плюсовые фенотипы. Отбор материнских растений возможен по диагностическим индексам с определением реакции потомков на селективных

средах, при этом усиливаются положительные изменения полусибов на высокую агротехнику выращивания плантаций целевого назначения, сохраняются «материнский эффект» и экологическое последствие.

При селекции на продуктивность необходимо изучение конкурентоспособности отобранных семей, поэтому разработан и впервые применен метод анализа стационарных случайных процессов для оценки гомеостатичности подвижных показателей (например высоты) полусибов сосны кулундинской. Он показал, что изменение параметров уравнения нормированной корреляционной функции для группы семей при одинаковом размещении и градиенте фактора среды (температура, богатство почвы) характеризует реакцию целостной системы, определяемую структурой материнской популяции [6]. Варьированием размещения растений при лимите факторов среды оценены изменения уровней межсемейной, внутрисемейной конкуренции и индивидуальные особенности авторегуляции подвижного признака. Поскольку у сосны кулундинской есть потомство с повышенной реакцией на изменение среды и невысокой конкурентоспособностью, такая оценка позволит отбирать группы растений разных степеней родства для создания условий, обеспечивающих максимальную производительность на плантациях целевого назначения.

Экологическое производство ставит другую цель — создать условия для поддержания естественного равновесия, поэтому разнообразие уровней реакции растений должно быть максимальным, а конкурентоспособность низкой.

Генотипическая структура популяций ели Шренка иная: полусибы от разных матерей как целостные системы однозначно реагируют на изменение среды, выравнивая подвижный показатель (высота растений) без сохранения межсемейных сдвигов. Селективное преимущество имеют отдельные потомки из-за удачного сочетания гамет. Этот вывод подтверждается пятью сериями гибридов ели Шренка с другими видами этого рода, полученными за последние годы [5].

Гибриды елей Шренка и канадской обладают разной степенью наследственно обусловленной изменчивости роста в каждом кроссе, что выражается в различиях дисперсий высот гибридов от разных отцов и при одном отце от разных матерей. Установлено специфическое взаимодействие мать — отец. В пределах одного кросса значительно варьируют длина, цвет хвои, охвоенность побегов. Большинство гибридов в 2-3 и даже 4 раза превосходят по высоте контрольные полусибы от тех же матерей. Гибридизация ели Шренка с канадской как направление и метод селекции позволяет ускорить выращивание посадочного материала клонированием лучших гибридных форм при сохранении родительской декоративности и получении нового качества — голубизны хвои. Такой путь селекции оправдан целями озеленения и создания плантаций из быстрорастущих новогодних елей.

Генотипическая структура популяций ели Шренка позволяет использовать простой и эффективный метод аналитической селекции — массовый отбор посадочного материала для плантаций [7]. При всех достоинствах

этого эндемика, адаптированного к горным условиям, он очень медленно растет в молодом возрасте и к 20 годам едва достигает высоты 1,5 ...2,0 м. С учетом указанных особенностей и потребности в новогодней продукции было определено, что закладку плантаций можно обеспечить, отбирая 9-10 % выращиваемых в питомниках семян. Для ускоренного получения товарной продукции и уменьшения площади плантаций за счет сокращения оборота рубки отбирали наиболее высокие 4- и 5- летние сеянцы в питомнике Кетменского лесхоза Алматинской области. Шаблон для отбора растений рассчитывали по формуле

$$H = \bar{x} + 1,345\sigma, \quad (1)$$

где  $H$  – длина шаблона, соответствующая минимальной высоте отбираемых сеянцев;

$\bar{x}$  – средняя высота сеянцев в питомнике на момент выкопки;

1,345 – нормированное отклонение при интенсивности отбора 9 % наибольших вариант;

$\sigma$  – среднее квадратичное отклонение.

Минимальная высота отбираемых растений оказалась 102,2 мм у 4-леток и 131,7 мм – у 5-леток. Отборные и стандартные (контроль) сеянцы в 1981 г. высажены на плантацию (1800 м над у. м.) при размещении 0,4 × 0,4 м блоками: 1, 2 – соответственно стандартные и отборные 4-летки; 3, 4 – то же 5-летки. В 1988 г. проведено равномерное изреживание всех блоков плантации.

Среди многих факторов, влияющих на продуктивность плантаций целевого назначения, существенное значение имеют генотипическое разнообразие и размещение растений на единице площади в определенном возрасте. Чем выше густота искусственной популяции, тем сильнее влияние конкурентных взаимоотношений как одной из причин изменчивости количественных признаков [2]. Поэтому при изучении лесных сообществ в связи с изменением размещения растений серьезное внимание уделяют конкуренции [9, 11]. Используют разные методы оценки конкурентных взаимоотношений [1, 3, 10]. Обоснованный режим густоты может быть установлен при информации о ходе роста деревьев с учетом хозяйственных акций, экологических условий и отраслевых нормативов [4].

Исследование характера энергетического выражения количественного признака (высоты) у растений «неродственников» с разным уровнем реактивности и авторегуляции внутренних процессов, зависящих от наследственных особенностей, изменяющихся условий среды и конкурентных отношений, методами анализа случайных стационарных процессов позволяет оценить технологию создания и эксплуатации плантаций целевого назначения. Реакцию растений на изменение условий среды и непрерывно действующие случайные «помехи» через внутреннюю структуру энергетических выражений результирующего признака изучали с помощью нормированной автокорреляционной функции и спектральной плотности стационарной случайной функции, о которых говорилось ранее применительно к полусибам сосны кулундинской.

За аргумент корреляционной функции принято расстояние между растениями  $\tau$  («шаг»). К ограничивающим условиям применения метода относится требование постоянства, для стационарной случайной функции, математического ожидания и дисперсии, которое выполняется для многих количественных признаков древесных видов в конкретных условиях среды на данный момент и при больших совокупностях. Рассматриваются только центрированные случайные функции и только для положительных значений аргумента. В реализацию случайной функции входили все значения переменной (высота) для группы растений «неродственников», связанных пространственно-временными отношениями, полученные в случайной последовательности (по рядам с севера на юг). Результаты анализировали сравнением двух блоков из 4-леток (контроль и отборные сеянцы) на 8-й год после посадки для суждения об уровне конкуренции по экспериментальному и теоретическому выражению нормированной автокорреляционной функции и «сглаженной» спектральной плотности стационарной случайной функции, а также аналогичным сравнением двух блоков из 5-летних сеянцев и оценки изменения степени конкуренции на блоках через год после изреживания плантации.

На изменение уровня конкуренции указывают скорость убывания корреляционной функции и спектральный состав случайной функции. При высоком уровне конкуренции корреляционная функция убывает медленнее. Быстрое ее падение отражает беспорядочные случайные колебания переменной около математического ожидания, т. е. в спектре стационарной случайной функции нет каких-либо преобладающих частот. Спектральная плотность описывает распределение амплитуд по различным частотам и полностью определяется корреляционной функцией этого процесса. Наличие в ней постоянного слагаемого, которое представляет собой случайную величину, свидетельствует о неэргодичности процесса, появлении какой-то системы в колебаниях, возрастании уровня конкуренции и о том, что каждая реализация по характеру отличается от других. Для сглаживания незакономерных колебаний экспериментально найденной корреляционной функции используют уравнение

$$\rho_x(\tau) = D_y + De^{-\alpha\tau}, \quad (2)$$

где  $D_y$  — постоянная составляющая нормированной корреляционной функции;

$D$  — постоянная дисперсия случайной функции, представленная долей от  $\rho_x(0) = 1$ , так как корреляционная функция нормирована;

$\alpha$  — параметр, подобранный методом наименьших квадратов.

Уравнение применяют также при количественной оценке изменения уровня конкуренции на блоках плантации.

В табл. 1 представлена статистическая характеристика четырех блоков новогодней плантации. Наилучшие показатели имеет 4-й блок, созданный 5-летними отборными сеянцами. На 3-м, контрольном,

Таблица 1

Год, состояние плантации	Экспериментальные блоки							
	1, 3 (стандартные)				2, 4 (отборные)			
	<i>N</i>	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v$	<i>N</i>	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v$
Посадка 4-летними сеянцами								
1981, после посадки	395	-	-	-	409	-	-	-
1982, осень:								
шт.	261	-	-	-	351	-	-	-
%	66,1	-	-	-	85,8	-	-	-
1988, осенью до изреживания:								
шт.	82	86,1	25,3	29,3	215	99,6	25,2	25,3
%	20,7	-	-	-	54,4	-	-	-
1988, число расте- ний 100 см и выше:								
шт.	24	-	-	-	105	-	-	-
%	29,3	-	-	-	48,2	-	-	-
1988, вырубленная часть:								
шт.	19	102,5	34,0	33,2	92	100,3	20,3	20,2
%	23,0	-	-	-	42,3	-	-	-
1989, осень	63	104,4	24,8	23,8	123	119,1	30,5	25,6
1989, число расте- ний 100 см и выше:								
шт.	36	-	-	-	80	-	-	-
%	57	-	-	-	65,0	-	-	-
Посадка 5-летними сеянцами								
1981, после посадки	398	-	-	-	399	-	-	-
1982, осень:								
шт.	285	-	-	-	333	-	-	-
%	71,6	-	-	-	83,5	-	-	-
1988, осенью до изреживания:								
шт.	140	95,1	21,7	22,8	218	108,8	22,3	20,5
%	35,2	-	-	-	54,6	-	-	-
1988, число расте- ний 100 см и выше:								
шт.	55	-	-	-	143	-	-	-
%	39,3	-	-	-	65,6	-	-	-
1988, вырубленная часть:								
шт.	58	92,1	18,4	20,0	102	103,2	23,1	22,4
%	39,3	-	-	-	46,8	-	-	-
1989, осень	82	123,4	25,6	20,3	116	140,3	23,9	17,0
1989, число расте- ний 100 см и выше:								
шт.	70	-	-	-	112	-	-	-
%	85,0	-	-	-	96,5	-	-	-

Примечание. *N* – число растений;  $\bar{X}$  – средняя высота елей, см;

$\sigma$  – среднее квадратичное отклонение;  $C_v$  – коэффициент вариации.

блоке показатели хуже: ниже приживаемость и сохранность к 1988 г., меньше растений выше 100 см. Блок 2 из отборных 4-леток не уступает по высоте елей 3-му (разница средних на 1989 г. незначительна) и почти в 2 раза превосходит его по выходу товарной продукции. Контрольный блок 1 из 4-леток имеет наихудшие показатели.

Анализ восьми реализаций результирующего признака с помощью описанной методики позволил дать количественную оценку изменения уровня конкуренции растений на опытных блоках плантации до и после изреживания (табл. 2).

На блоке 1 из стандартных 4-леток с малым числом пригодных для вырубki растений уровень конкуренции после небольшого прореживания уцелевших местами групп елей изменился, о чем свидетельствует увеличение скорости убывания функции, какого-либо преобладания частот в спектре случайной функции нет. Здесь не могло быть сколько-нибудь заметной конкуренции, так как плотность популяции к моменту прореживания очень низкая. Но вариация высоты растений до рубки и вырубленной части оказалась самой высокой (табл. 2). За счет отпада и большей дифференциации растений межиндивидуальная конкуренция неродственников не проявилась. Аналогичная ситуация сложилась на блоке 3 из стандартных 5-леток: значительный отпад растений к 1988 г. и низкая плотность популяции в 1989 г. предопределили практическое отсутствие конкуренции, на что указывает высокая скорость убывания корреляционной функции (для 3-го блока она равна  $-2,5$ ;  $-3,12$ , для 1-го  $-1,8$ ;  $-2,96$ ), и отсутствие в составе корреляционной функции постоянного слагаемого. Блоки 2 и 4 из отборных сеянцев 4 и 5 лет сохранились до изреживания на 54 %. Соответствующие уравнения нормированной корреляционной функции имеют постоянные слагаемые, указывающие на более высокий уровень конкуренции. В спектре случайной функции фиксируется небольшое преобладание малых частот, особенно заметное до прореживания на блоке 2, где напряжение конкуренции выше, чем на блоке 4. Почти одинаковая скорость убывания корреляционной функции для 4-го блока до и после рубки, небольшая величина постоянной составляющей в обоих уравнениях свидетельствуют о том, что плотность популяции не является предельной и конкурентные взаимоотношения растений к возрасту 13 лет не достигли критического уровня. При 9 %-м отборе 5-летних растений с наследственно обусловленным повышенным уровнем

Таблица 2

Возраст сеянцев, лет	Блок	Уравнение нормированной корреляционной функции	
		1988	1989
4	1	$y = e^{-1,8t}$	$y = e^{-2,96t}$
	2	$y = 0,25 + 0,75 e^{-2,5t}$	$y = 0,1 + 0,9 e^{-2,9t}$
5	3	$y = e^{-2,5t}$	$y = e^{-3,12t}$
	4	$y = 0,05 + 0,95 e^{-2,3t}$	$y = 0,06 + 0,94 e^{-2,4t}$



конкуренгоспособности и концентрации их на одном участке не уменьшилось количество товарной продукции. Значит, умеренный и постоянный уровень конкуренции создает наилучшие возможности для реализации индивидуальных свойств отборных 4- и 5-летних растений ели Шренка, выращенных из семян массового сбора и проявивших конкурентоспособность в питомнике при высокой плотности размещения сеянцев.

Изучение популяционных и индивидуальных особенностей шиповника и облепихи, являющихся источником ценных лекарств, определило необходимость создания промышленных плантаций целевого назначения (витамины, концентрированное масло) из сортов с соответствующими свойствами. Как правило, известные сорта, гибриды, формы не обладают достаточным комплексом морфологических, биохимических, технологических свойств, отвечающих требованиям всего процесса получения качественной конечной продукции. На возможности аналитической селекции при таких условиях рассчитывать трудно. Располагая большой коллекцией сортов, гибридов, форм шиповника и облепихи, целесообразнее использовать путь созидательной селекции, но прежде следует оценить их генетические особенности, нужные для производства лекарственного сырья свойства с помощью соответствующих способов генетического анализа, который поможет выбрать оптимальный метод селекции. Для шиповника подходит метод диаллельного анализа, поскольку этот вид способен само- и перекрестно опыляться. Первая модель этого анализа, наиболее информативная, включает родительские формы, гибриды прямых и обратных скрещиваний [8]. Если количественные оценки общей и специфической комбинационной способности, реципрокных эффектов не будут достаточно теоретически обоснованы, фактические возможные различия вариабельности признаков у гибридов, инбредов и полусибов дадут важную информацию для выбора направления и метода селекции.

Исходя из оценки сортовых качеств, для диаллельного анализа выбраны сорта «Юбилейный», «Бесшипый» и форма Ф-6. Они относятся к одной секции *Cinnamomea* ДС. «Юбилейный» и Ф-6 отобраны из сеянцев *Rosa rugosa* Th., а «Бесшипый» из *R. cinnamomea* L. Сбор плодов от контролируемого и свободного опыления позволил после стратификации высеять весной 1995 г. 16 740 кроссовых, инбредных и полусибовых семян. В большинстве семей получены нормальные всходы, но в течение первых 30...40 дн. произошел отпад неодинаковой интенсивности в разных семьях, два кросса с «Бесшипым» имели всего 140 семян, не давших всходов. Кроссы повторены, так как анализ возможен только при наличии данных для полной диаллельной таблицы.

Свойства известных сортов и отобранных форм облепихи не отвечают требованиям, предъявляемым к промышленным плантациям, так как усилия отрыва плодов, сроки созревания и выхода масла сильно варьируют. Поэтому для повышения вероятности получения комплекса нужных признаков в одном сорте и оценки генетических особенностей интродуцированных сортов и местных форм выбрана схема поликроссов, так как двудомность

облепики не позволяет использовать какую-либо модель диаллельного анализа. Контролируемое опыление двух сортов «Великан», «Лесное-1» и формы, отобранной в долине р. Чу, пылью трех мужских форм разного происхождения позволило получить и в 1995 г. высеять 8180 кроссовых семян. В качестве контроля посеяно 1020 полусибов семян трех родителей. Уже на стадии всходов проявились различия сортов: первыми взошли семена кросса «Великан» × 103МН, они были самыми многочисленными и крупными. Хорошие всходы дал кросс «Лесное-1» × «Сибиряк». Полусибовые всходы «Великана» были хуже кроссовых. Наименьшее число всходов дали кроссы с формой «Чуйская» и ее полусибов.

Таким образом, используя комплекс наиболее приемлемых тестов, удалось выявить различия генотипической структуры популяций ряда видов, выбрать для определенных направлений соответствующие методы селекции, количественно оценить разработанную технологию создания плантаций целевого назначения. Основываясь на биоэкологических различиях лесных плодовых растений, их сортов и форм, начат достаточно строгий для древесных видов генетический анализ с помощью известных тестов для выбора методов дальнейшей селекции в целях получения качественного лекарственного сырья на клоновых плантациях. Технология их создания и эксплуатации определяет необходимость установления реакций клонов на высокий уровень агротехники выращивания и их конкурентоспособности, ввиду возможного изменения плотности изогенных искусственных популяций на разных этапах онтогенеза и в результате переопределения лимитирующих факторов среды. Особое значение приобретает оценка иммунности размножаемого материала.

Изложенные результаты многолетних исследований позволяют сделать вывод, что экологическое и плантационное производство требует достаточно обоснованного теоретически выбора стратегии и тактики селекции, для чего необходима оценка эколого-генетической структуры популяций видов, имеющих свойства, соответствующие поставленным целям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Джансеитов К.К., Кузмичев В.В., Кибардин Ю.В. Конкуренция и периодичность процесса естественного изреживания леса // Лесоведение. - 1976. - № 4. - С. 3 - 8.
- [2]. Дьяков А.Б., Драгавцев В.А. Конкуренциоспособность растений в связи с селекцией. Сообщ. 1. Надежность оценки генотипов по фенотипам и способ ее повышения // Генетика. - 1975. - Т. 2, № 5. - С. 11 - 22.
- [3]. Колосовский В.А. Применение биофизических методов для изучения взаимоотношений растений в лесных фитоценозах // Экология. - 1978. - № 5. - С. 48 - 52.
- [4]. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / И.В. Шутков, Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 248 с.
- [5]. Марковин А.П. Некоторые результаты межвидовой гибридизации ели Шренка // Тез. докл. на науч.-практ. конф. проф.-преп. состава и аспирантов (16-18 мая 1989 г.). Алма-Ата, 1989. - С. 49-50.
- [6]. Сахаров В.И. Принципы аналитической селекции древесных видов: Отчет о НИР (заклочит.). 02880013354.

- № ГР/01800012486. // Сб. реф. НИР и ОКР. Сер.25. Лесн. хоз-во, 1988. - № 22, 68, 47. [7]. Сахаров В.И., Марковин А.П. Создание лесных плантаций целевого назначения // Лесовосстановление и лесоразведение в защитных лесах Казахстана.- Алма-Ата, 1990. - С. 3 - 15. [8]. Griffing В. Concept of general and specific combining ability in relation to dialles crossing systems// Austr. J. Biol. Sci. - 1956. - 9. - P. 463 - 493. [9]. Daniels R.F. Spatial patterns and distubutions in young seeded loblolly pine stands // Forest Sci. - 1978. - 24, N 2. - P. 260 - 266. [10]. Tennet R.B. Competition quotient in young *Pinus radiata* // N.Z.J. Forest. Sci. - 1975. - 5, N 2. - P. 230 - 234. [11]. Yeaton R.I. Copetition and specing in plant communities: differential mortality of white pine (*Pinus strobus* L.) in a New England Wood lot. // Amer. Midland Natur. - 1978. - 100, N 2. - P. 285 - 293.
- 

Поступила 4 сентября 1995 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*3.004.67

*П.И. РОМАНОВ, А.Б. КИЗИЛОВ, Е.Н. ВЛАСОВ, С.В. ВИКТОРЕНКОВА*

С.- Петербургская лесотехническая академия

**СБАЛАНСИРОВАННЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ –  
ПЕРСПЕКТИВНОЕ УНИВЕРСАЛЬНОЕ СРЕДСТВО  
ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ  
РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕЙ БАЗЫ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Обоснованы преимущества пневматических сбалансированных манипуляторов при развитии средств ремонта и технического обслуживания машин лесного комплекса. Предложена оригинальная структура управляющего устройства. Приведены рекомендации по применению силовых исполнительных устройств типа «искусственных мышц».

The advantages of pneumatic balanced manipulators are substantiated under the development of repair and maintenance facilities of the forest machines. The original structure of the controlling device is proposed. The recommendations are given on use of power devices of the «artificial muscle» type.

Техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования предприятий лесного хозяйства отличаются высокой трудоемкостью, которая будет возрастать по мере усложнения конструкций лесоустроительных и лесозаготовительных машин.

При техническом обслуживании и ремонте значительно труднее, чем в основном производстве, внедрять средства механизации и автоматизации производственных процессов. Это объясняется индивидуальным характером большинства операций и влиянием других факторов.

Уровень механизации труда на предприятиях ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) лесного хозяйства не превышает 16 % при возможном 40...50 %. Одно из наиболее важных последствий этого – низкая производительность труда в сфере ремонта (в 4 – 5 раз ниже, чем в машиностроении) и высокое качество выполняемых работ.

По данным ЦНИИМЭ, в общем объеме затрат на заготовку 1 м<sup>3</sup> древесины затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования составляют 22...25 %.

Перспективным средством механизации РОБ лесной отрасли является применение сбалансированных манипуляторов (СМ). Использование их в ряде технологических процессов ремонта сельскохозяйственной техники позволило повысить производительность труда в среднем в 1,5 раза, облегчить тяжелый ручной труд, увеличить в 1,2 – 1,4 раза КПД технологического оборудования, от 50 до 200 % годовой экономической эффект от внедрения одного манипулятора.

Сбалансированные манипуляторы имеют существенные преимущества по сравнению с традиционными грузоподъемными машинами (электротали, кранбалки, консольные краны и т. п.), что позволяет значительно расширить область их применения.

Плавное перемещение объекта манипулирования по траектории при «бесступенчатом» регулировании его скорости позволяет быстрее и точнее осуществлять позиционирование (по данным ВНИИГПмаша, время вспомогательных работ в среднем вдвое меньше) и избегать ударов о сопрягаемую деталь и различные препятствия.

Руки оператора освобождаются для свободного позиционирования груза.

Появляется возможность механизировать многие основные технологические операции (сверление, сварка, разборка, сборка, зачистка поверхностей и др.).

Эти СМ позволяют загружать объект манипулирования не только сверху, но и сбоку, существенно расширяя типаж обслуживаемого оборудования.

В конструкциях СМ с вращением захвата вокруг собственных вертикальной и горизонтальной осей груз получает дополнительные технологически важные степени подвижности.

Поскольку груз висит не на гибких связях (тросы, цепи), а зафиксирован в захвате или на крюке, то рабочий не отклоняет центр тяжести груза от нижнего положения. При этом устраняется одна из причин травматизма при такелажных работах.

Конструкция СМ позволяет оснастить их различными устройствами, предотвращающими свободное падение груза при аварийных ситуациях. Сбалансированные манипуляторы широко используют на машиностроительных заводах, в легкой и пищевой промышленности, в складском хозяйстве. Наиболее разнообразный парк СМ создан в Японии, США, ФРГ и Италии.

Из сопоставления характеристик электромеханических, гидравлических и пневматических СМ следует, что при грузоподъемности до 320 кг наиболее высокими эксплуатационными свойствами, надежностью, безопасностью обслуживания и низкой стоимостью обладают пневматические СМ. В силу специфики ремонтного производства (значительный объем раз-

борочных, моечных, диагностических и сборочных работ) их определяющим преимуществом является возможность реализовать позиционный тип управления, при котором оператор может манипулировать находящимся в состоянии равновесия объектом, непосредственно захватив его руками. В этом случае обеспечивается точность и плавность позиционирования, необходимые для выполнения сложных сборочно-разборочных работ.

Однако разработанные в настоящее время в России и за рубежом СМ с позиционным типом управления требуют значительных затрат времени (до 5 мин) для перенастройки системы в случае изменения веса объекта манипулирования. Они также обладают неудовлетворительными динамическими характеристиками, значительным усилием управления. Эти недостатки в специфических условиях ремонтного производства качественно сужают область возможного рационального использования СМ.

Авторами разработана структура устройства управления (УУ) пневматическим СМ на основе комбинированного позиционно-астатиического управления и автоматического уравнивания массы груза (приоритет защищен двумя патентами). Предложенная структура УУ позволяет создавать СМ с позиционной системой управления, у которых при автоматической мгновенной настройке на вес объекта манипулирования и усилию управления, не превышающем 1Н, динамические параметры рабочих движений (ускорение, скорость) выше, чем динамические параметры рабочих движений человека-оператора [1 – 4].

Таким образом, основные характеристики системы СМ – человек-оператор (точность позиционирования, максимальная скорость, длительность переходных процессов) определяются естественными возможностями человека и практически не зависят от веса объекта манипулирования. Данный вывод подтвержден испытаниями опытного образца СМ [4].

Достоинства пневматических СМ с предложенной структурой УУ позволяют существенно расширить область их рационального использования для комплексной механизации ремонтных производств лесной отрасли: разборки, очистки, диагностики, восстановления деталей и сборки. При этом не требуются дополнительные площади и перепланировка существующих рабочих мест. При расположении СМ на различных видах внутрицехового транспорта возможно обслуживание одним манипулятором нескольких рабочих мест.

При проектировании СМ для работы в передвижных мастерских ремонта лесозаготовительной техники предъявляются особо жесткие требования к характеристикам манипулятора. Максимального эффекта можно достичь при использовании в качестве силового элемента исполнительного устройства (ИУ) так называемых искусственных мышц, которые используют различные источники рабочего давления и энергоносители. Однако общим для них является применение упругих и анизотропных свойств цилиндрических оболочек [5]. Достижимое сокращение оболочек – до 30 % начальной длины.

Технические мышцы отличаются следующие достоинства: высокая удельная силовая характеристика (0,5...2,0 Н на 1 г собственного веса); конструктивная и технологическая простота; низкие себестоимость и материалоемкость; устойчивость к агрессивной внешней среде; простота включения в антропоморфные конструкции без применения сложных редукционных и передающих механических устройств.

Значительный выигрыш по массе при расширении функциональных возможностей манипулятора на рабочем месте разборки механизмов может дать применение «искусственной мышцы» одновременно в качестве привода захвата СМ и привода универсального устройства для разборки прессовых соединений.

Технические решения, использованные при разработке УУ СМ, позволяют создать УУ пневматическим гайковертом, обеспечивающее режим автоматического измерения усилия затяжки.

Таким образом, при поиске путей решения задачи, связанной с разработкой СМ для комплексной механизации РОБ лесного хозяйства, необходимо учесть, что исполнительные устройства пневматических СМ имеют достаточно простую рычажную (в основном) конструкцию, но их кинематические схемы разнообразны. Выбрать оптимальную схему и рассчитать ее параметры можно, зная все особенности рабочего места.

Сказанное определяет техническую возможность и экономическую целесообразность разработки ряда типовых модулей, позволяющих в зависимости от конкретных условий компоновать СМ необходимого типоразмера.

Задачу комплексной механизации РОБ лесной отрасли можно решить лишь на основе системы автоматизированного проектирования СМ, позволяющей учесть специфику каждого рабочего места и из ограниченного набора модулей скомпоновать рациональную конструкцию ИУ и УУ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Исследования психологических особенностей операторов, работающих на предприятиях лесной промышленности / П.И. Романов, В.А. Королев, О.Н. Русак и др. // Эргономика и научно-технический прогресс в лесной промышленности: Докл. Всесоюз. науч.-техн. совещания. - М., 1989. [2]. Применение сбалансированных манипуляторов в ГАП / П.И. Романов, В.А. Королев // Робкон 3: Докл. Междунар. конф. по проблемам управления промышленными роботами. - Варна, 1985. [3]. Романов П.И., Абидуев А.С. Пневматические манипуляторы с полуавтоматической системой управления // Шестой Всесоюз. симпозиум по пневматическим (газовым) приводам и системам управления (с международным участием): Докл. Тула, 1991. [4]. Романов П.И., Королев В.А. Разработка пневматических сбалансированных манипуляторов второго поколения // Яблona 88: Докл. XI Междунар. конф. по флюидике. - София, 1988. [5]. Управляемый модуль на волоконно-сорбционных электронных мышцах / А.Б. Кизилов, И.В. Болотин, Ю.Н. Егоров и др. // Приборостроение. - 1990. - № 10. - (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 624. 16. 042. 5. 001. 24

В.П. СТУКОВ

Архангельский государственный технический университет



Стуков Валерий Павлович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета. Имеет около 70 печатных работ в области исследований работы и расчета балок комбинированного сечения, составленных из древесины и бетона; пространственных методов расчета балочных пролетных строений мостов.

## РАСЧЕТ БАЛКИ КОМБИНИРОВАННОГО СЕЧЕНИЯ

Рассмотрен расчет балки комбинированного сечения с жесткими связями между ветвями при колебаниях температуры методом начальных параметров в матричной форме.

The estimation of the combined section beam characterized by tight coupling of branches at temperature fluctuations has been investigated by the method of initial parameters in matrix form.

Одна из особенностей работы балок комбинированного сечения, составленных из различных материалов, при воздействии колебаний температуры – возникновение температурных напряжений в отдельных их элементах.

В поперечном сечении, где ребро из клееной древесины соединено с железобетонной плитой для совместной работы, коэффициенты теплопередачи составляют для бетона 0,50 ... 1,86, для древесины 0,175 ккал·(ч·м<sup>2</sup>·°С) [3]. Коэффициенты линейной температурной деформации равны соответственно (0,7 ... 1,0)·10<sup>-5</sup> и (1,7 ... 3,6)·10<sup>-6</sup> град<sup>-1</sup>. Авторы работ [1,2] отмечают, что напряженное состояние балок из древесины и железобетона определяется существенным различием коэффициентов их температурной деформации.

Разность деформаций ветвей  $\Delta \epsilon_t$  балки при перепаде температуры находят по выражению

$$\Delta \epsilon_t = \epsilon_{tб} - \epsilon_{td} = (\alpha_b - \alpha_d) \Delta t, \quad (1)$$

где  $\epsilon_{tб}$ ,  $\epsilon_{td}$  – деформации бетона и древесины;

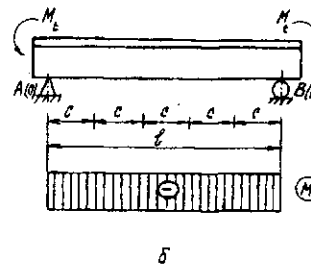
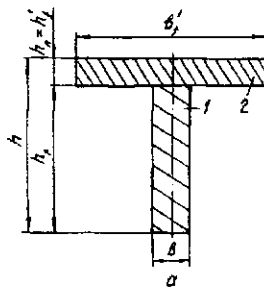


$\alpha_б, \alpha_д$  – коэффициенты температурной деформации бетона и древесины;

$\Delta t$  – разность температур,  $\Delta t = t_p - t_0$  ( $t_p$  – наибольшая средняя максимальная или минимальная температура оси балки при наибольших годовых колебаниях температуры;  $t_0$  – температура включения в работу железобетонной плиты).

При повышении температуры комбинированная балка прогибается вверх. Изгибающий момент  $M$  в балке постоянен. Она изгибается по дуге окружности с кривизной  $1/r = \text{const}$ . При решении задачи напряженного состояния будем иметь подобный случай при условии, если к однопролетной свободно опертой балке приложены изгибающие моменты  $M_{оп} = M_t$  (см. рисунок), где  $M_t$  – изгибающий момент от изменения температуры  $\Delta t$ .

К расчету балки комбинированного сечения:  $a$  – поперечное сечение;  $l$  – балка из клееной древесины толщиной  $b$ ;  $2$  – железобетонная плита шириной  $b_f$  и толщиной  $h_n$ ;  $b$  – схема балки на двух опорах и эпюра изгибающих моментов



Момент  $M_t$  можно определить по формуле [5]:

$$M_t = 1/r E_d I_{red} = \frac{E_d I_{red}}{2I_{red} / (Ah) + h/2} \Delta \epsilon_t, \quad (2)$$

где  $I_{red}$  – момент инерции приведенного сечения комбинированной балки;

$I_{red} = I_p + \nu I_n$  ( $I_p, I_n$  – моменты инерции сечений ребра и плиты);

$$A = \frac{1}{A_p} + \frac{1}{\nu A_n} \quad (A_p, A_n \text{ – площади сечений ребра и плиты});$$

$$\nu = \frac{E_б}{E_д} \quad (E_б, E_д \text{ – модули упругости бетона и древесины});$$

$h$  – высота сечения балки.

Для определения деформаций и усилий в сечениях с шагом  $C$  по длине однопролетной свободно опертой балки, нагруженной на опорах моментами  $M_t$  (см. рисунок), приведем расчет по методу начальных параметров в матричной форме, используя матрицы эпюр деформаций и усилий при изгибе балки с абсолютно жесткими связями между ветвями.

В расчетах используем общее решение линейного дифференциального уравнения изгиба неразрезной балки постоянного поперечного сечения на упруго поворачивающихся опорах, представленное в виде четырех уравнений в работе [4].

Для рассматриваемого случая жесткость  $\mu$  на кручение опор равна нулю, и основная балка представляет собой обыкновенную балку постоянного сечения.

Уравнение для определения величин  $y$ ,  $\varphi$ ,  $M$ ,  $Q$  от сосредоточенных моментов на опорах балки в матричной форме имеет вид

$$\bar{y}_n = \begin{bmatrix} y_{n_i} \\ \varphi_{n_i} \\ M_{n_i} \\ Q_{n_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_n & B_n & -C_n & -D_n \\ -D_n & A_n & -B_n & -C_n \\ C_n & D_n & A_n & B_n \\ B_n & C_n & -D_n & A_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} y_{0_i} \\ \varphi_{0_i} \\ M_{0_i} \\ Q_{0_i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_n & C_0 \\ B_n & B_0 \\ -A_n & -A_0 \\ D_n & D_0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} M_t \\ M_t \end{bmatrix} = \Phi \bar{y}_0 + \bar{\Delta}_{M_t}, \quad (3)$$

где  $\bar{y}_n$  – вектор, определяющий прогиб балки на  $n$ -й опоре;

$\Phi$  – матрица функций влияния начальных параметров на величины  $y$ ,  $\varphi$ ,  $M$ ,  $Q$ ;

$\bar{y}_0$  – вектор начальных параметров для  $n$ -й опоры;

$\bar{\Delta}_{M_t}$  – вектор функций влияния сосредоточенного момента  $M_t$  на величины  $y$ ,  $\varphi$ ,  $M$ ,  $Q$ .

В работе [4] приведены функции влияния для основной балки, представляющей обыкновенную однородную балку постоянного сечения:

$$A_n = A_n' = A_n'' = A_n''' = 1; B_n = B_n'' = nc; B_n' = n \frac{c}{EI_{red}}; C_n = C_n' = n^2 \frac{c^2}{2EI_{red}}; \quad (4)$$

$$C_n'' = C_n''' = 0; D_n = n^3 \frac{c^3}{6EI_{red}}; D_n' = D_n'' = D_n''' = 0; B_n''' = 0,$$

где  $n$  – число пролетов неразрезной балки и участков длиной  $c$  однопролетной свободно опертой балки.

Выражение для балки, загруженной моментами  $M_t$  на опорах, имеет

вид

$$\bar{y}_n = \begin{bmatrix} y_{n_i} \\ \varphi_{n_i} \\ M_{n_i} \\ Q_{n_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_n & B_n & -C_n & -D_n \\ 0 & A_n & -B_n & -C_n \\ 0 & 0 & A_n & B_n \\ 0 & 0 & 0 & A_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} y_{0_i} \\ \varphi_{0_i} \\ M_{0_i} \\ Q_{0_i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_n & C_0 \\ B_n & B_0 \\ -A_n & -A_0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} M_t \\ M_t \end{bmatrix} = \Phi \bar{y}_0 + \bar{\Delta}_{M_t}. \quad (5)$$

В выражении (5) учтены соотношения между функциями влияния (4).

При определении начальных параметров учитываем условия опирания балки на опорах  $A$  и  $B$  (см. рисунок):

$$y_0 = M_0 = y_n = M_n = 0. \quad (6)$$

Для нахождения неизвестных начальных параметров составляем систему уравнений. С этой целью используем выражения для  $M_{n_i}$  и  $y_{n_i}$  из (5) и условие (6). Получаем уравнение для определения начальных параметров  $\varphi_0$  и  $Q_0$ :

$$\begin{bmatrix} M_{n_i} \\ y_{n_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & B_n \\ B_n & -D_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \varphi_{0_i} \\ Q_{0_i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -A_n & -A_0 \\ C_n & C_0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} M_t \\ M_t \end{bmatrix} = 0; \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & B_n \\ B_n & -D_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \varphi_{0_i} \\ Q_{0_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_n & A_0 \\ -C_n & -C_0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} M_t \\ M_t \end{bmatrix} \quad (8)$$

или

$$A\bar{y}_0 = \bar{\Delta}_{M_t}. \quad (8')$$

Правая часть равенства (8') представляет матрицу свободных членов системы уравнений. Решив систему относительно  $\varphi_0$  и  $Q_0$ , получим

$$\bar{\Delta}_{0M_t} = A^{-1} \bar{\Delta}_{M_t}. \quad (9)$$

Здесь  $A^{-1}$  – обратная матрица,

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & B_n \\ B_n & -D_n \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Ординаты эпюр  $y$ ,  $\varphi$ ,  $M$ ,  $Q$  найдем из выражений (5) и (6):

$$y_{n_i} = \varphi_{0_i} B_n - Q_{0_i} D_n + M_t (C_n + C_0); \quad (11)$$

$$\varphi_{n_i} = \varphi_{0_i} A_n - Q_{0_i} C_n + M_t (B_n' + B_0'); \quad (12)$$

$$M_{n_i} = Q_{0_i} B_n - M_t (A_n + A_0); \quad (13)$$

$$Q_{n_i} = Q_{0_i} A_n. \quad (14)$$

Матрицы эпюр имеют вид:

а) прогибов

$$\bar{y}_{M_t} = \begin{bmatrix} B_0 & -D_0 \\ B_1 & -D_1 \\ B_2 & -D_2 \\ \vdots & \vdots \\ B_{n-1} & -D_{n-1} \\ B_n & -D_n \end{bmatrix} \times \bar{\Delta}_{0M_t} + \begin{bmatrix} C_0 & 0 \\ C_1 & 0 \\ C_2 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ C_{n-1} & 0 \\ C_n & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} M_t \\ M_t \end{bmatrix} = \Phi_y \bar{\Delta}_{0M_t} + \bar{\Delta}_{y, M_t}; \quad (15)$$

б) углов поворота

$$\bar{\Phi}_{M_t} = \begin{bmatrix} A_0 & -C_0 \\ A_1 & -C_1 \\ A_2 & -C_2 \\ \vdots & \vdots \\ A_{n-1} & -C_{n-1} \\ A_n & -C_n \end{bmatrix} \times \bar{\Delta}_{0M_t} + \begin{bmatrix} B'_0 & 0 \\ B'_1 & 0 \\ B'_2 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ B'_{n-1} & 0 \\ B'_n & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} M_t \\ M_t \end{bmatrix} = \Phi_{\bar{\Delta}_{0M_t}} + \bar{\Delta}_{\Phi M_t}; \quad (16)$$

в) изгибающих моментов

$$\bar{M}_{M_t} = \begin{bmatrix} 0 & B_0 \\ 0 & B_1 \\ 0 & B_2 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & B_{n-1} \\ 0 & B_n \end{bmatrix} \times \bar{\Delta}_{0M_t} - \begin{bmatrix} A_0 & 0 \\ A_1 & 0 \\ A_2 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ A_{n-1} & 0 \\ A_n & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} M_t \\ M_t \end{bmatrix} = \Phi_{\bar{M}_{0M_t}} - \bar{\Delta}_{M_t M_t}; \quad (17)$$

г) поперечных сил

$$\bar{Q}_{M_t} = \begin{bmatrix} 0 & A_0 \\ 0 & A_1 \\ 0 & A_2 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & A_{n-1} \\ 0 & A_n \end{bmatrix} \times \bar{\Delta}_{0M_t} = \Phi_{\bar{Q}_{0M_t}} \quad (18)$$

Во втором столбце функций влияния матриц  $\bar{\Delta}_{\chi, M_t}$ ,  $\bar{\Delta}_{\Phi, M_t}$ ,

$\bar{\Delta}_{M_t, M_t}$ ,  $\bar{\Delta}_{Q, M_t}$  имеем  $A_0 = C_0 = B'_0 = 0$ , поскольку находим деформации и

усилия в сечении слева от опоры  $B$  до действия опорного момента  $M_t$  на этой опоре.

В расчетах, связанных с понижением температуры, знаки моментов в матрице моментов  $M_t$  следует изменить на противоположный.

Предложенные формулы позволяют рассчитывать деформации и усилия от температурных воздействий. При необходимости их рассматривают совместно с деформациями и усилиями от постоянных и временных нагрузок.

Программа расчета «COMBY-T», составленная на языке ФОРТРАН, позволяет получить комплект выходных матриц эпюр прогибов, углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил в сечениях по длине балки.

В работе [4] рассмотрен вопрос о реконструкции балочного моста с пролетами  $l = 18,0$  м через р. Лявлю на автодороге Архангельск-Косково, где деревоклеенные балки объединены с железобетонной плитой. Нами по-

лучено, что изгибающий момент от полной расчетной нагрузки (постоянная нагрузка + НК-80) составил 1299,9 кН·м, нормальные напряжения в нижних волокнах ребра из клееной древесины  $\sigma = 9,34$  МПа.

Расчеты данного пролетного строения при повышении температуры на  $\Delta t = 35$  °С дали следующие результаты:

$$\bar{y}_{M_t} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0,560 \cdot 10^{-2} \\ -0,746 \cdot 10^{-2} \\ -0,566 \cdot 10^{-2} \\ 0 \end{bmatrix} \text{ м; } \bar{\varphi}_{M_t} = \begin{bmatrix} -0,167 \cdot 10^{-2} \\ -0,080 \cdot 10^{-2} \\ 0 \\ 0,080 \cdot 10^{-2} \\ 0,167 \cdot 10^{-2} \end{bmatrix} \text{ рад; } \bar{M}_{M_t} = \begin{bmatrix} -375,4 \\ -375,4 \\ -375,4 \\ -375,4 \\ -375,4 \end{bmatrix} \text{ кН} \cdot \text{ м;}$$

$$\bar{Q}_{M_t} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ кН.}$$

Нормальные напряжения в нижних волокнах ребра при повышении в них температуры являются сжимающими и равны 2,25 МПа. При понижении температуры они будут растягивающими и составят 24,0 % от растягивающих напряжений при полной расчетной нагрузке.

Таким образом, нами установлена необходимость учета температурных напряжений при проектировании балок комбинированного сечения, составленных из древесины и железобетона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кулиш В.И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой. - М.: Транспорт, 1979. - 160 с. [2]. Мельников Ю.О. Влияние температурных деформаций на напряженное состояние деревобетонных мостовых балок // Тр. СибАДИ. - 1971. - № 4. - С. 87-96. [3]. Справочник инженера-конструктора жилых и общественных зданий. - М.: Стройиздат, 1975. - 439 с. [4]. Стуков В.П. К вопросу применения клееной древесины в мостовых конструкциях // Лесн. журн. - 1993. - № 5-6. - С. 73-76. - (Иzv. высш. учеб. заведений). [5]. Стуков В.П. Учет температурных напряжений в мостовых балках из клееной древесины и железобетона // Лесн. журн. - 1998. - № 4. - С. 60-65. - (Иzv. высш. учеб. заведений).

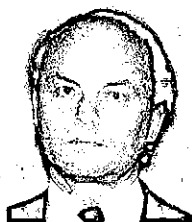
Поступила 31 мая 1996 г.

УДК 630\*864.5: 539.3

А.Л. НЕВЗОРОВ, В.Г. ПАНТЕЛЕЕВ, Ю.Л. СИРОТА, Д.Д. КОЗМИН, В.В. КОПТЯЕВ

Архангельский государственный технический университет  
Всероссийский НИИ гидротехники

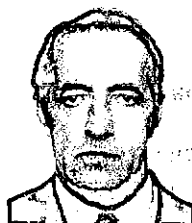
Невзоров Александр Леонидович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета, член Российского национального комитета по механике грунтов и фундаментостроению. Имеет более 70 печатных работ в области инженерной геологии и фундаментостроения.



Пантелеев Валерий Геннадьевич родился в 1938 г., окончил в 1964 г. Ленинградский институт водного транспорта, доктор технических наук, профессор, заведующий сектором конструкции и технологии возведения золошлакоотвалов Всероссийского НИИ гидротехники. Имеет 186 работ в области складирования и использования отходов промышленности.



Сирота Юрий Лазаревич родился в 1943 г., окончил в 1966 г. Ленинградский политехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории механики грунтов Всероссийского НИИ гидротехники. Опубликовано 24 работы в области складирования и использования отходов промышленности.



Козмин Дмитрий Дмитриевич родился в 1937 г., окончил в 1961 г. Одесский институт инженеров морского флота, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета. Имеет 44 печатные работы в области инженерной геологии и фундаментостроения.



Коптяев Виктор Викторович родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета. Имеет 10 печатных работ в области охраны геологической среды.

## ОСАДКА ОПЫТНОЙ ДАМБЫ ИЗ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА НА СЛАБОМ ОСНОВАНИИ

Приведены результаты длительных наблюдений за осадкой опытной дамбы из гидролизного лигнина. Дамба возведена на болоте, покрытом золошлаковыми отходами тепловой электростанции. Сопоставлены расчетные и фактические значения осадки основания.

The results of long-term observations over the settlement of pilot dam made of hydrolytic lignin are given. The dam is erected on the bog, covered with ash-and-slag waste of steam power plant. The design and actual values of basement settlement are compared.

В настоящее время ведется строительство ограждающей дамбы золоотвала ТЭС Онежского гидролизного завода Архангельской области. Из-за высокой стоимости песчаных грунтов, связанной с удаленностью карьеров, было решено использовать в теле дамбы гидролизный лигнин — отход гидролизного производства (рис. 1). Ежегодно до 50 тыс. м<sup>3</sup> этого материала на заводе направляют в отвалы, суммарный объем которых приближается к 2 млн м<sup>3</sup>.

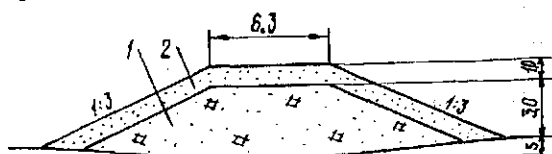


Рис. 1. Конструкция ограждающей дамбы: 1 — гидролизный лигнин; 2 — песок

В данной работе приводятся результаты геотехнического контроля за возведением дамбы и сопоставление расчетных и фактических значений осадки основания, сложенного торфом и золошлаковым материалом.

Основные физико-механические свойства гидролизного лигнина приведены в табл. 1. Удельный вес и коэффициент его пористости определяли при уплотнении образцов циклической нагрузкой от 50 до 500 кПа. Более подробные характеристики опубликованы нами ранее [2, 3].

Таблица 1

Характеристика грунта	Лигнин	ЗШМ	Торф	Суглинок
Удельный вес, кН/м <sup>3</sup>	5,00...9,41	16,6	9,9	18,6
То же с учетом взвешивающего действия воды, кН/м <sup>3</sup>	0,59...0,99	7,5	0,3	8,7
Влажность, доли ед.	0,70...1,98	0,37	10,32	0,32
Коэффициент пористости	2,75...5,36	1,2	15,83	0,88
Угол внутреннего трения, град	26,3	30,6	11,0	24,0
Сцепление, кПа	12,6	0,3	7,0	16,0

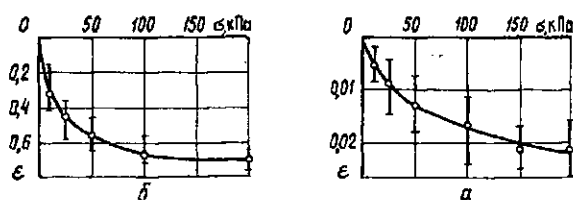


Рис. 2. Компрессионные зависимости: а, — золошлакового материала; б — торфа

Ограждающую дамбу возводят на болоте глубиной в среднем 5 ... 6 м. Болотные отложения представлены слабо- и среднеразложившимся топяным торфом. В придонном слое встречается сапронель мощностью 0,1 ... 0,3 м. Биогенные отложения подстилаются ледниковыми суглинками в мягко- или тугопластичном состоянии. На части болота торф покрыт золошлаковыми отходами ТЭС мощностью 0,5 ... 5,4 м. Уровень грунтовых вод совпадает с поверхностью, поэтому золошлаковый материал (ЗШМ) и торф находятся в насыщенном водой состоянии.

Свойства грунтов основания также приведены в табл. 1. Результаты компрессионных испытаний показаны на рис. 2. Наиболее точно компрессионные кривые аппроксимируются показательной зависимостью [1]

$$\varepsilon = k [1 - \exp(-a\sigma)], \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  — относительная деформация;

$\sigma$  — нормальное напряжение;

$k, a$  — коэффициенты аппроксимации, для золошлакового материала  $k = 0,021$ ;  $a = -0,02 \text{ кПа}^{-1}$ ; для торфа  $k = 0,680$ ;  $a = -0,04 \text{ кПа}^{-1}$ .

Модуль деформации суглинка составляет 12 МПа.

Торфу присуща высокая сжимаемость, и применение в теле дамбы гидролизного лигнина, имеющего малый удельный вес, кроме утилизации части отходов, позволит значительно сократить осадку основания.

В целях отработки технологии укладки и уплотнения лигнина в 1993 г. возведена опытная дамба длиной 200 м только из лигнина без пригрузки песком. Ее высота постепенно была доведена до 2,8 м. Под дамбу выбран участок болота, пригруженный золошлаковым материалом, вследствие чего прочностные показатели торфа были несколько выше обычных.

Таблица 2

Глубина отбора образцов, м	Удельный вес, $\text{кН/м}^3$	Влажность, доли ед.	Коэффициент пористости
0...1,0	8,23...9,11	1,43...1,91	2,96...3,34
1,0...2,0	7,45...8,33	1,62...2,23	3,79...4,35
2,0...3,0	6,37...7,54	1,78...2,45	4,84...5,28



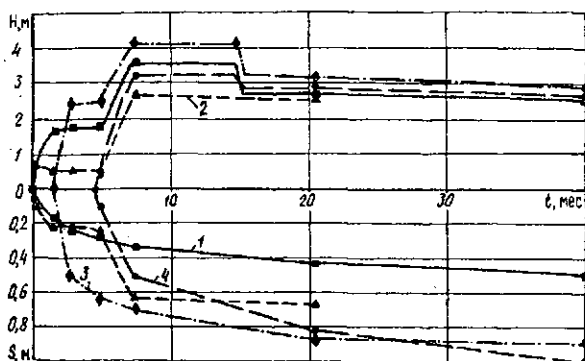


Рис. 3. Графики развития во времени осадки основания опытной дамбы: 1 – 4 – марки № 1 – 4

Физические свойства гидролизного лигнина в теле дамбы представлены в табл. 2. Они получены при испытании образцов ненарушенной структуры, отобранных в шурфах и буровых скважинах. Плотность лигнина уменьшается по мере увеличения глубины отбора проб, так как дамбу возводили пионерным способом и наиболее интенсивное движение происходило по верхнему слою.

По оси дамбы перед отсыпкой лигнина на поверхность грунта устанавливали осадочные марки – стальные квадратные плиты размером  $1 \times 1$  м с анкерами снизу. Створы расстановки марок закрепляли столбами, размещенными вне контура будущей дамбы. Для определения осадки основания над марками через слой лигнина делали скважины, в них вводили металлические щупы и выполняли нивелировку. Данные более чем трехлетних наблюдений за осадкой приведены на рис. 3. Представляет интерес их сопоставление с расчетными значениями осадки.

Расчетная схема основания опытной дамбы представлена на рис. 4. Осадку определяли по методу послойного суммирования. Формула, рекомендованная СНиП 2.02.02 – 85 [4], была приведена к следующему виду:

$$S = \sum_{i=1}^n (\varepsilon_{i2} - \varepsilon_{i1}) h_i, \quad (2)$$

где  $S$  – осадка;

$\varepsilon_{i1}$  – относительная деформация  $i$ -го слоя под действием напряжений от собственного веса грунта основания  $\sigma_{zgi}$ ;

$\varepsilon_{i2}$  – относительная деформация  $i$ -го слоя под действием напряжений от собственного веса грунта основания и дополнительных напряжений от дамбы ( $\sigma_{zgi} + \sigma_{zpi}$ );

$h_i$  – толщина слоя;

$n$  – число слоев, на которые разбита сжимаемая толща.

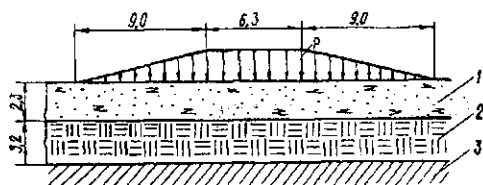


Рис. 4. Расчетная схема основания опытной дамбы: 1 - золошлаковый материал; 2 - торф; 3 - суглинок

Основание было разбито на два слоя: золошлаковый материал и торф толщиной 2,3 и 3,2 м соответственно. Осадкой подстилающего суглинка из-за ее небольших значений пренебрегали. Напряжения  $\sigma_{zgi}$  и  $\sigma_{zpi}$  находили по оси трапециевидной полосовой нагрузки для середины слоев. Относительные деформации вычисляли по формуле (1). В качестве примера в табл. 3 приведен расчет осадки под нагрузкой  $p = 40$  кПа.

Таблица 3

Номер слоя	$h_i$ , м	Напряжения, кПа			Относительная деформация		Осадка слоя, см
		$\sigma_{zgi}$	$\sigma_{zpi}$	$\sigma_{zgi} + \sigma_{zpi}$	$\epsilon_{i1}$	$\epsilon_{i2}$	
1	2,3	9	40	49	0,003	0,013	2,3
2	3,2	18	37	55	0,349	0,605	81,9
Итого	-	-	-	-	-	-	84,2

Расчетный график зависимости осадки основания от давления под подошвой насыпи показан на рис. 5. На этом же рисунке приведены фактические значения осадки, полученные по результатам наблюдения за четырьмя осадочными марками.

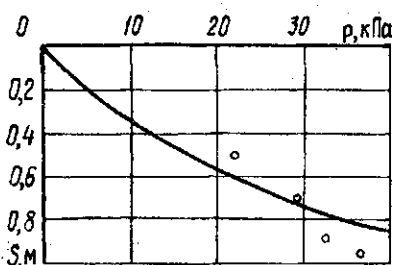


Рис. 5. Зависимость осадки основания опытной дамбы от давления. Точками показаны экспериментальные данные

Как видим, погрешность расчета не превышает 20 %, что вполне допустимо, если учесть неоднородность свойств грунтов основания и мощности слоев.

Сравнение значений осадки дамбы, полученных расчетным и опытным путем, показывает возможность использования нормативной формулы для таких расчетов. Применение для отсыпки дамбы гидролизного лигнина вместо песчаного грунта позволит сократить расходы по разработке и транспортировке песка, уменьшить осадку основания за счет снижения веса дамбы и частично утилизировать один из видов отходов гидролизного производства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вотьяков И.Ф. Практические методы расчета оснований по деформациям. - Гомель: БелИИЖТ, 1973. - 75 с. [2]. Исследование уплотняемости и фильтрационных свойств гидролизного лигнина / А.Л. Невзоров, Д.Д. Козмин, Г.В.

Северова, В.В. Коптяев // Лесн. журн. - 1995. - № 1. - С. 86-90. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Невзоров А.Л., Козмин Д.Д., Звездин В.Н. Физико-механические свойства гидролизного лигнина как техногенного грунта // Лесн. журн. - 1992. - № 1. - С. 125 - 129. - (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. СНиП 2.02.02 - 85. Основания гидротехнических сооружений / Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. - 48 с.

---

Поступила 20 августа 1996 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.812.02

*В.А. ШАМАЕВ, В.Б. ОГАРКОВ, Н.И. ВИННИК*

Воронежская государственная лесотехническая академия



Шамаев Владимир Александрович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Воронежский государственный университет, доктор технических наук, зам. директора по науке Научно-производственного центра «ВОСМОДДРЕВ» при Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 32 изобретения в области модификации древесины.



Винник Николай Иосифович родился в 1927 г., окончил в 1951 г. Львовский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, зам. генерального директора Научно-производственного центра «ВОСМОДДРЕВ» при Воронежской государственной лесотехнической академии, председатель Межгосударственного технического комитета МТК-196 по стандартизации, руководитель Испытательного центра и зам. руководителя Органа по сертификации, главный ученый секретарь и академик Академии проблем качества РФ. Имеет около 90 научных трудов в области комплексного использования древесного сырья.

### ДЕФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ СЖАТИИ И ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Предложена математическая модель деформирования древесины в условиях температурно-влажностного воздействия под механическим давлением.

The mathematical model of wood deformation has been suggested in the conditions of temperature-moistening action under mechanical pressure.

Для получения модифицированной древесины перспективно применять совмещенный способ, в котором сырую древесину, содержащую

10...15 % карбамида по отношению к массе сухой древесины, сушат и одновременно уплотняют до плотности  $\rho = 1000...1200 \text{ кг/м}^3$  [2].

Рассмотрим процесс сушки пластифицированной карбамидом древесины при сжатии ее поперек волокон. Физическая модель процесса, представленная на рис. 1, заключается в следующем. При нагружении образца древесины силой  $P$  в направлении

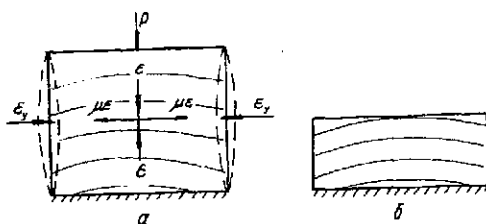


Рис. 1. Физическая модель деформирования древесины при сушке под давлением:  $a$  – начало процесса (температура  $T = 373 \text{ К}$ );  $b$  – окончание процесса ( $P = 0$ ,  $T = 293 \text{ К}$ ,  $\epsilon_y = \mu\epsilon$ )

сжатия возникают и развиваются во времени напряжения  $\sigma$  и относительные деформации  $\epsilon$ . При отсутствии боковых ограничений имеет место поперечная деформация  $\mu\epsilon$ , где  $\mu$  – коэффициент Пуассона. В процессе сушки древесины в направлении, поперечном сжатию, начинает развиваться деформация усушки, относительную величину которой обозначим  $\epsilon_y$ . Она вызывает уменьшение поперечных размеров.

Сущность рассматриваемого способа сушки заключается в том, чтобы задать закон нагружения, при котором в течение всего процесса сушки максимально минимизировать разность между величиной поперечной деформации и усушкой в поперечном сжатии направлении, т. е. обеспечить условие

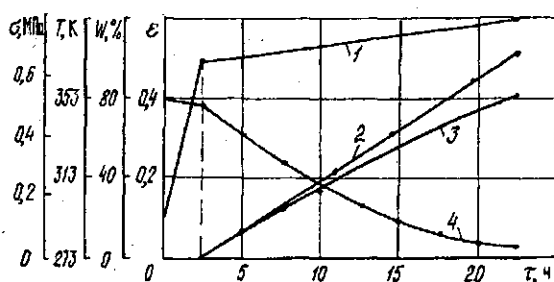
$$\epsilon_y = -\mu\epsilon. \quad (1)$$

При соблюдении требования (1) упрощается технологическая оснастка и существенно повышается качество получаемой модифицированной древесины.

Графики изменения технологических параметров процесса, построенные на основании данных экспериментальных исследований, представлены на рис. 2. При  $\tau \geq 2,5$  ч имеем следующие зависимости: изменение влажности  $W$  во времени  $\tau$ , аппроксимируемое экспонентой

$$W = -110 + 148e^{0,025(\tau-10)}; \quad (2)$$

Рис. 2. Изменение технологических факторов при сушке сжимаемой древесины во времени  $\tau$ : 1 – температура; 2 – напряжение; 3 – деформация в направлении сжатия; 4 – влажность



изменение температуры  $T$  во времени, аппроксимируемое линейным уравнением

$$T = 373 + 0,5\tau. \quad (3)$$

При реализации полного факторного эксперимента при сжатии натуральной древесины в тангенциальном направлении получено уравнение связи для зависимости модуля упругости  $E_{\rho WT}$  от плотности  $\rho$ , влажности  $W$  и температуры  $T$ :

$$E_{\rho WT} = 2626 + 0,5833\rho - 5,0T - 21,7W - 0,032TW + \\ + 0,014\rho W - 0,00005\rho TW. \quad (4)$$

С учетом (2) и (3) уравнение (4) принимает следующий вид:

$$E_{\rho WT} = 2626 + 0,5833\rho - 5(373 - 0,5\tau) - (21,7 - 0,014\rho) \times \\ \times [-110 + 148e^{-0,025(\tau-10)}] + (0,032 - 0,00005\rho)(373 + 0,5\tau) \times \\ \times [-110 + 148e^{-0,025(\tau-10)}]. \quad (5)$$

По закону Гука имеем

$$d\sigma = E_{\rho WT} d\epsilon_c, \quad (6)$$

где  $\epsilon_c$  — относительная силовая деформация в направлении сжатия;

$E_{\rho WT}$  — модуль упругости, МПа;

$\sigma$  — напряжение сжатия, МПа.

Интегрируя (6), получаем

$$\sigma = \int_0^{\tau} E_{\rho WT} \dot{\epsilon}_c d\tau, \quad (7)$$

где  $\dot{\epsilon}_c = \frac{d\epsilon_c}{d\tau}$  — интенсивность изменения деформации во времени.

Введем в рассмотрение единичную функцию Хевисайда  $H_+(\epsilon_c - \epsilon_c^*)$ .

Тогда

$$H_+(\epsilon_c - \epsilon_c^*) = \begin{cases} 0, & \text{если } \epsilon_c - \epsilon_c^* < 0; \epsilon_c \leq \epsilon_c^*; \\ 1, & \text{если } \epsilon_c - \epsilon_c^* > 0; \epsilon_c > \epsilon_c^*; \end{cases} \quad (8)$$

$$1 - H_+(\epsilon_c - \epsilon_c^*) = \begin{cases} 1, & \text{если } \epsilon_c - \epsilon_c^* \leq 0; \epsilon_c < \epsilon_c^*; \\ 0, & \text{если } \epsilon_c - \epsilon_c^* > 0; \epsilon_c > \epsilon_c^*. \end{cases}$$

Здесь  $\epsilon_c^*$  — относительная силовая критическая деформация, при которой происходит скачкообразное изменение вида реологического уравнения.

В качестве исходного расчетного уравнения процесса используем уравнение Б.Н. Уголева [1]

$$\epsilon = \alpha \bar{W} + \int_0^{\tau} \frac{\dot{\sigma}}{E_{\rho WT}} d\tau, \quad (9)$$

где  $\alpha$  – коэффициент усушки в направлении сжатия,  $\alpha = \frac{k_y}{100\%}$ ;

$k_y$  – коэффициент усушки, выраженный в процентах.

Общий закон деформирования древесины сжатием поперек волокон при одновременном температурно-влажностном воздействии выражается уравнением

$$\varepsilon_\tau = \alpha \bar{W} + H_+(\varepsilon_c - \varepsilon_c^*) \int_0^\tau \frac{\dot{\sigma}}{E_{pWT}} d\tau + \left[ 1 - H_+(\varepsilon_c - \varepsilon_c^*) \right] \frac{\sigma}{E_{pWT}} + \alpha_T T, \quad (10)$$

где  $\varepsilon_\tau$  – деформация, изменяющаяся во времени;

$\bar{W}$  – влажность, изменяющаяся во времени;

$\alpha_T$  – коэффициент температурной деформации, которым из-за малости можно пренебречь.

Как видно из рис. 2, скорость нагружения во времени является линейной величиной и аппроксимируется уравнением

$$\sigma = V_c \tau, \quad (11)$$

где  $V_c = \int_0^\tau \dot{\sigma} d\tau$  – скорость нагружения.

При этом зависимость  $\sigma$ – $\varepsilon$  также линейна. С учетом (11) деформация  $\varepsilon_c^*$  определяется из условия

$$\varepsilon_c^* = \frac{V_c \tau}{E_{pWT}}. \quad (12)$$

В окончательной форме уравнение (10) имеет вид

$$\varepsilon_\tau = \alpha \left[ W_{\tau_0} + 110 - 148e^{0,025} \right] + H_+(\varepsilon_c - \varepsilon_c^*) \times \left[ \int_0^\tau \frac{\dot{\sigma} d\tau}{E_{pWT}} + \left[ 1 + H_+(\varepsilon_c - \varepsilon_c^*) \right] \frac{V_c \tau}{E_{pWT}} \right], \quad (13)$$

где  $E_{pWT}$  и  $\varepsilon_c^*$  рассчитывают по формулам (5) и (12).

Уравнение (13) представляет собой рабочий вариант математической модели деформирования древесины в условиях температурно-влажностного воздействия под механическим давлением и пригодно для практического использования при больших деформациях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Уголев Б.Н., Лапшин Ю.Г., Кротов Е.В. Контроль напряжений при сушке древесины. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 208 с. [2]. Шамаев В.А. Модификация древесины. - М.: Экология, 1991. - 127 с.

УДК 674.093.2

*Л.С. СУРОВЦЕВА, Д.В. ИВАНОВ*

Архангельский государственный технический университет



Суровцева Любовь Савватьевна родилась в 1944 г., окончила в 1966 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 научных трудов в области комплексного, рационального использования древесины, совершенствования технологического процесса лесопильно-деревобрабатывающих производств.



Иванов Давид Васильевич родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет свыше 50 научных работ в области комплексного использования древесины, создания и совершенствования технологического и грузопольемного оборудования для лесопильных предприятий.

### АНАЛИЗ ВЫХОДА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В ходе исследований установлено, что при выпуске нового улучшенного вида пилопродукции можно получить прибыль от 0,58 до 7,43 % по сравнению с традиционно принятой распиловкой за счет улучшения качества и увеличения стоимости на 10 %.

Based on the research it has been found out that when producing sawlogs of better type it is possible to obtain benefit in the range of 0,58 ... 7,43 % in comparison with the traditionally accepted sawing through improving its quality and 10 % increment of its value.

Известно, что пиломатериалы имеют неровную поверхность с рисками, вырывами, мшистостью и ворсистостью, которая характеризуется шероховатостью. Параметр шероховатости для пиломатериалов 0 – 3 сортов общего назначения (ГОСТ 8486 – 86) не должен превышать 1250 мкм, для 4 сорта – 1600 мкм, для экспортных пиломатериалов (ГОСТ 26002 – 83Э) – 750 мкм.



Для повышения качества пилопродукции и снижения параметра шероховатости нами предложен способ производства пиломатериалов с повышенными потребительскими характеристиками (ППХ). Он защищен патентом РФ № 1807933.

Способ заключается в том, что пласти досок, сформированные при раскросе бревен на лесопильных рамах, подвергаются подстрожке с помощью фрезерных (фрезерно-строгальных) головок-приставок. Для подстрожки тонких досок приставки устанавливают к обрезным или фрезерно-обрезным станкам, для толстых досок – после лесопильных рам второго ряда. Головки снимают часть высоты микронеровностей, за счет чего повышается качество поверхностей досок. Снятие дополнительного слоя древесины при подстрожке естественно должно снизить объемный выход пиломатериалов.

В целях изучения возможностей использования этого способа нами проведен анализ раскроса досок с ППХ и их объемного выхода.

Были разработаны и рассмотрены четыре технологических варианта распиловки бревен.

1а. Центральные доски выпиливают обычным способом (без подстрожки), тонкие боковые доски стандартных толщин – с последующей подстрожкой.

В этом случае доски должны иметь распиловочный размер

$$a_p = (a_{ст} + a_y) + (h_n + h_v),$$

где  $a_{ст}$  – стандартный размер досок, мм ;

$a_y$  – припуск на усушку, мм ;

$h_n$  и  $h_v$  – необходимая толщина слоя подстрожки нижней и верхней пластей, мм.

1б. Все тонкие и толстые доски выпиливают стандартных размеров с последующей подстрожкой.

2а. Центральные доски выпиливают обычным способом (без подстрожки). Тонкие боковые доски вырабатываются с ППХ специальных размеров (меньше номинальных):

$$a_{п.х.сп} = a_{ст} - (h_n + h_v) = (a_p - a_y) - (h_n + h_v).$$

В этом случае распиловочный размер равен стандартному:

$$a_p = (a_{ст} + a_y).$$

2б. Все тонкие и толстые доски имеют специальные размеры (меньше номинальных) после подстрожки.

Для сравнения технологий производства пиломатериалов с ППХ по четырем вариантам нами выполнены расчеты 22 поставок для бревен диаметром 12 ... 36 см. В качестве базового принят традиционный способ распиловки бревен с брусочкой без подстрожки пиломатериалов. Для расчета поставок использовали программу VINOД. Толщина пил – 2,2 мм, средняя длина бревна – 4,9 м, пиломатериалы вырабатывали по ГОСТ 26002–83Э. В качестве базовых приняты поставки, применяемые на Цигломенском ЛДК г. Архангельска.

Таблица 1

Варианты 1а, 1б		Варианты 2а, 2б	
$a_p$	$a_{ст}$	$a_p / a_{ст}$	$a_{п.х.сп} / a_{ок}$
79,0	75	77,3 / 75	73,3 / 73
66,6	63	64,9 / 63	61,3 / 61
53,2	50	51,5 / 50	48,3 / 48
47,1	44	45,4 / 44	42,3 / 42
40,9	38	39,2 / 38	36,3 / 36
24,4	22	22,7 / 22	20,3 / 20

Примечание.  $a_{ок}$  – толщина готовой пилопродукции, с учетом округления.

Принятые расчетные размеры толщин пиломатериалов (мм) для рассматриваемых вариантов приведены в табл. 1.

Для определения средневзвешенного выхода по всем вариантам учитывали соотношение бревен по диаметрам, а также соотношение пиломатериалов ведущих сечений и диаметров, из которых их выпиливали.

Средневзвешенный объемный выход для  $i$ -го сечения

$$O_i^{ср.вз} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Q_j O_i}{\sum_{j=1}^m Q_j},$$

где  $Q_j$  – доля сырья  $j$ -го диаметра, из которого выпиливается  $i$ -е сечение ведущих пиломатериалов, %;

$O_i$  – объемный выход пиломатериалов с  $i$ -м ведущим сечением из бревен  $j$ -х диаметров, %.

Общий средневзвешенный объемный выход по каждому варианту  $O_B^{ср.вз}$  с учетом доли ведущих сечений подсчитывали по следующей формуле:

$$O_B^{ср.вз} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i O_i^{ср.вз}}{\sum_{i=1}^n Q_i},$$

где  $Q_i$  – доля пиломатериалов  $i$ -го ведущего сечения, %.

В табл. 2 приведены результаты расчетов (в процентах) средневзвешенного выхода пилопродукции по каждому ведущему сечению и общего средневзвешенного выхода материалов по базовому и четырем предложенным вариантам, а также снижение выхода пиломатериалов по сравнению с базовым.

Таблица 2

Ведущие сечения пиломатериалов, мм	Объемный выход по базовому варианту	Вариант 1а		Вариант 1б		Вариант 2а		Вариант 2б	
		Объемный выход	Снижение выхода	Объемный выход	Снижение выхода	Объемный выход	Снижение выхода	Объемный выход	Снижение выхода
75×225	62,76	61,20	1,56	52,24	10,52	60,33	2,43	58,88	1,45
63×175	62,20	60,87	1,33	52,43	9,77	60,16	2,04	57,23	4,97
63×150	58,97	57,16	1,81	48,16	10,81	57,24	1,73	55,28	3,96
50×150	58,93	57,61	1,32	47,07	11,86	57,00	1,93	55,02	3,91
50×115	53,85	53,14	0,71	43,68	10,17	52,95	0,90	50,72	3,13
44×100	50,33	47,77	2,56	41,38	8,95	49,43	0,90	47,47	2,89
38×175	61,02	59,35	1,67	51,61	9,41	59,37	1,65	56,26	4,76
Средневзвешенные показатели									
-	55,60	53,71	1,89	45,49	10,11	54,13	1,47	52,06	3,54

Примечание. Средневзвешенные показатели приведены с учетом доли ведущих сечений пиломатериалов.

Анализ результатов расчетов по базовому и исследуемым вариантам показал, что наименьшее снижение выхода получается при выработке с ППХ только тонких досок как стандартных, так и специальных толщин.

Выход пиломатериалов по варианту 1а (с ППХ только тонких досок стандартных толщин) снижается в среднем на 1,89 % с колебанием 0,71 ... 2,56 %.

Выход пиломатериалов по варианту 2а (с ППХ только тонких досок специальных толщин) уменьшается в среднем на 1,47 %, изменяясь от 0,90 до 2,43 %.

При выпуске всех пиломатериалов с ППХ стандартных толщин (вариант 2б) выход снижается в среднем на 10,11 %, при этом на долю толстых досок приходится 8,22 %. В зависимости от размеров ведущих сечений снижение выхода колеблется от 8,95 до 11,86 %, причем за счет толстых досок – от 6,39 до 10,54 %.

При выпуске всех пиломатериалов с ППХ специальных толщин (вариант 1б) выход в среднем снижается на 3,54 %, колебание составляет от 2,85 до 4,97%. Причем только за счет выпиливаемых толстых досок выход уменьшается на 2,07 % с диапазоном 1,45 ... 3,11 % в зависимости от размеров ведущих сечений.

При расчете себестоимости продукции установлено, что в связи с введением новых приспособлений – подстрагивающих устройств, затраты на содержание и эксплуатацию оборудования для вариантов 1а и 2а повышаются на 10 %, а для вариантов 1б и 2б – на 20 % по сравнению с базовым вариантом.

Предполагалось, что стоимость пиломатериалов также будет несколько выше (ориентировочно на 10 %).

Результаты расчетов показали, что использование варианта 1а (выпуск с ППХ только тонких досок стандартных толщин и толстых – обычных) дает возможность получать прибыль на 0,58 % больше по сравнению с базовым вариантом.

Выпуск с ППХ всех пиломатериалов стандартных толщин (вариант 1б) не дает прибыли. Поэтому данный вариант будет неэффективен из-за значительного снижения выхода пиломатериалов.

Выпуск с ППХ только тонких досок специальных толщин и толстых – обычных, (вариант 2а) позволит получать прибыль на 1,53 % больше по сравнению с базовым вариантом.

Наибольшую прибыль можно получить при выпилке всех пиломатериалов с ППХ специальных толщин (вариант 2б). Она будет на 7,43 % больше, чем при традиционной распиловке. Однако варианты выпилки с ППХ досок специальных толщин требуют согласования с потребителями.

Исследования показали, что все рассмотренные варианты, кроме 1б (выпилка с ППХ всех досок стандартных толщин), эффективны. Их можно использовать для выпуска пилопродукции с повышенными потребительскими характеристиками.

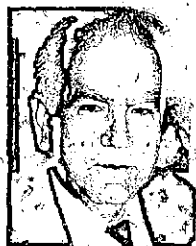
Поскольку в настоящее время цены на продукцию и сырье постоянно меняются (причем в сторону увеличения), то окончательную эффективность указанных вариантов можно установить после ознакомления потребителей с новым видом пилопродукции и уточнения договорных цен на нее.

Поступила 12 апреля 1996 г.

УДК 674.053

**Ю.М. СТАХИЕВ**

**ЦНИИМОД**



Стахий Юрий Михайлович родился в 1934 г., окончил в 1956 г. Ленинградскую лесотехническую академию, чл.-кор. АЕН РФ, кандидат технических наук, возглавляет лабораторию круглопильного оборудования и инструмента в ЦНИИМОД, лауреат премии Ломоносовского фонда по ресурсосберегающим технологиям химико-лесного комплекса. Имеет более 260 печатных работ и 65 патентов на изобретения в области производства, подготовки и эксплуатации круглых пил для распиловки древесины.

## О ФОРМОИЗМЕНЕНИИ ДИСКА КРУГЛОЙ ПИЛЫ ПРИ ЗАТОЧКЕ И РАЗВОДЕ ЗУБЬЕВ

Приведены материалы экспериментальных исследований и рекомендации по совершенствованию технологии изготовления, подготовки круглых пил для случая, когда изготовление пил ведется с применением метода насечки зубьев в пилоштампах.

The materials and recommendations of the experimental studies are brought forward on improving the production technology, circular saws preparation in case saw producing is carried out based on the method of teeth cutting in saw press tools.

На предприятиях лесопромышленного комплекса эксплуатируется более пятисот многопильных круглопильных станков СБ8М, Ц8Д-8М для продольной распиловки брусьев на пиломатериалы. Предприятия получают стандартные пилы диаметром 500 и 560 мм (ГОСТ 980 – 80) с незаточенными и неразведенными зубьями и ведут их доработку: растачивают посадочное отверстие до диаметра 100 или 125 мм, сверлят отверстие диаметром 13 мм на радиусе 71,5 мм под коксу, правят и проковывают диск, затачивают и разводят зубья. В последние годы организовано производство пил размерами 510×3,0×100 мм и 510×2,5×125 мм с необходимыми посадочными отверстиями, но с незаточенными и неразведенными зубьями. Для выбора оптимальной технологии подготовки новых пил необходимо знать, как влияют заточка и развод зубьев на показатели плоскостности и натяжения диска.

В статье приведены результаты исследований, выполненные в ЦНИИМОДе. В основных сериях (№ 1 – 3) опытов использовали новые пилы размером 510×3,0×100 с числом зубьев 48 (тип 1, исполнение 1 по ГОСТ 980 – 80). Пилы поставлены АО «Горьковский металлургический завод» с незаточенными и неразведенными зубьями. Они изготовлены по обычной технологии: закалка и отпуск диска с посадочным отверстием, шлифование торцовых поверхностей, насечка зубьев, правка и проковка диска. В сериях № 4, 5 использовали пилы размерами 560×2,8×125 мм и 560×2,2...2,8×50 мм с прокованным и выправленным диском.

Черновую и чистовую заточку зубьев производили на серийно выпускаемом заточном станке ТчПА-7. Использовали шлифовальный круг (ЗП 300×10×76 14А 40П-СТ1 8Б 35 м/с А 1 кл., ГОСТ 2424 – 83). Число проходов при черновой заточке составляло 6–7, при чистовой – 2. Чистовую заточку осуществляли только по задней грани. Режимы заточки выбраны согласно отраслевому технологическому режиму РПИ 6.6-00. Для развода зубьев использовали обычные деревянные тиски (чертеж ЦНИИМОД 100-253-00) для установки пилы с легким зажимом ее на расстоянии 40 мм от вершины зуба. При черновом разводе линия изгиба проходила примерно на половине высоты зуба. Величина начального развода зубьев на одну сто-

рону равна 1,00 мм, окончательного (после чистовой заточки и корректировки развода) — 0,95 мм. Правку и проковку дисков осуществляли\* с применением традиционного комплекта пилоправных инструментов.

Первые три серии опытов отличались способом развода зубьев:

серия № 1 — сначала 50 % зубьев (через зуб) разводили на левую сторону диска (в направлении рабочего движения пуансона при насечке зубьев), остальные 50 % зубьев — на правую сторону;

серия № 2 — сначала 50 % зубьев (через зуб) разводили на правую сторону диска, остальные 50 % зубьев — на левую сторону;

серия № 3 — поочередно оттипали зубья влево и вправо.

В четвертой серии опытов производили сверление отверстия диаметром 13 мм на радиусе 71,5 мм под коксу в пыльном фланце. В исходном состоянии пилы размеры  $560 \times 2,8 \times 125$  мм были прокованными и выправленными. Для сверления отверстий использовали вертикально-сверлильный станок, при этом пила опиралась на деревянную прокладку.

В пятой серии опытов производили расточку на токарном станке центрального (посадочного) отверстия от 50 до 125 мм у выправленных и прокованных на АО «ГМЗ» пил диаметром 560 мм.

Общее число проконтролированных пил — 120 ( $510 \times 3,0 \times 100$  мм — 30 шт.,  $560 \times 2,2 \dots 2,8 \times 50(125)$  мм — 80 шт.). Контролю подлежали два показателя, характеризующие торцовое биение и натяжение (проковку) диска пилы.

Торцовое биение пил измеряли на приборе ПН-1 по окружности, отстоящей на 5 мм от окружности впадин зубьев. Предельное отклонение ( $A_1$ ) влево от базовой плоскости, проходящей через торцовую поверхность коренного фланца, условно отмечали знаком «-», предельное отклонение диска ( $A_2$ ) вправо — «+». Если  $A_1$  и  $A_2$  одного знака, то диск имеет тарельчатость. Торцовое биение ( $A_1 + A_2$ ) — это размах колебаний стрелки индикатора за один оборот пилы. Величины  $A_1$  и  $A_2$  характеризуют симметричность торцового биения относительно базовой плоскости. При измерении торцового биения у пил диаметром 510 мм использовали фланцы диаметром 125 мм, у пил диаметром 560 мм — фланцы диаметром 160 мм. Торцовое биение опорных поверхностей самих фланцев не превышало 0,01 мм.

Натяжение (степень проковки) диска измеряли на приборе ПСП-710. Пилу устанавливали горизонтально на три точечные опоры, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга и находящиеся на одной окружности, которая отстоит на 5 мм от окружности впадин зубьев пилы. Прогиб пилы с отверстием диаметром 100 мм под действием собственного веса измеряли индикатором часового типа в одной точке на радиусе 55,0 мм, для пил с отверстием диаметром 125 мм — на радиусе 67,5 мм. Чтобы исключить влияние отклонения от плоскостности диска на величину прогиба, его измеряли сначала с одной ( $V_1$ ), а затем с другой ( $V_2$ ) стороны пилы, и по результатам определяли среднее алгебраическое.

Опытный пилоправ ЦНИИМОДа В.В. Макаров.

Номер пилы	Толщина пилы, мм	Горцовое биение, мм			Прогиб пилы, мм			Операция
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> +A <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	$\frac{Y_1+Y_2}{2}$	
Серия № 1								
1	2,97	-0,35	+0,26	0,61	0,18	0,04	0,11	Исходное состояние
		-0,25	+0,32	0,57	-0,05	0,25	0,10	Черновая заточка
		-0,08	+0,14	0,22	0,10	0,20	0,15	Правка + проковка
		-0,11	+0,12	0,23	0,19	0,10	0,14	Развод 50 % зубьев на левую сторону
		+0,01	+0,23	0,22	-0,05	0,35	0,15	» на правую сторону
		0,00	+0,19	0,19	-0,03	0,37	0,17	Чистовая заточка
		0,00	+0,21	0,21	-0,02	0,38	0,18	Корректировка развода
		-0,09	+0,14	0,23	0,23	0,25	0,24	Правка
		2	2,98	-0,49	+0,40	0,89	0,13	0,19
-0,39	+0,43			0,82	0,04	0,27	0,15	Черновая заточка
-0,13	+0,15			0,28	0,16	0,17	0,17	Правка + проковка
-0,17	+0,13			0,30	0,21	0,11	0,16	Развод 50 % зубьев на левую сторону
-0,08	+0,22			0,30	0,08	0,27	0,17	» на правую сторону
-0,14	+0,23			0,37	0,11	0,28	0,19	Чистовая заточка
-0,14	+0,26			0,40	0,10	0,27	0,18	Корректировка развода
-0,10	+0,13			0,23	0,20	0,26	0,23	Правка
3	2,96			-0,63	+0,41	1,04	-0,03	0,24
		-0,52	+0,47	0,99	-0,12	0,34	0,11	Черновая заточка
		-0,12	+0,12	0,24	0,20	0,26	0,23	Правка + проковка
		-0,17	+0,07	0,24	0,33	0,10	0,21	Развод 50 % зубьев на левую сторону
		-0,09	+0,18	0,27	0,06	0,35	0,20	» на правую сторону
		-0,14	+0,22	0,36	0,06	0,42	0,24	Чистовая заточка
		-0,15	+0,20	0,35	0,08	0,39	0,23	Корректировка развода
		-0,14	+0,11	0,25	0,20	0,24	0,22	Правка
		Серия № 2						
4	3,03	-0,34	+0,17	0,51	0,28	-0,03	0,12	Исходное состояние
		-0,21	+0,25	0,46	0,16	0,07	0,11	Черновая заточка
		0,00	+0,24	0,24	0,41	0,36	0,38	Правка + проковка
		+0,11	+0,36	0,25	-0,07	0,79	0,36	Развод 50 % зубьев на правую сторону
		0,00	+0,24	0,24	0,17	0,60	0,38	» на левую сторону
		+0,01	+0,28	0,27	0,17	0,56	0,36	Чистовая заточка
		+0,02	+0,27	0,25	0,21	0,59	0,40	Корректировка развода
		-0,07	+0,13	0,20	0,39	0,38	0,38	Правка
		5	2,96	-0,18	+0,34	0,52	0,17	0,10
-0,11	+0,35			0,46	0,12	0,16	0,14	Черновая заточка
-0,06	+0,21			0,27	0,32	0,26	0,29	Правка + проковка
+0,04	+0,28			0,24	0,01	0,52	0,26	Развод 50 % зубьев на правую сторону
-0,07	+0,20			0,27	0,18	0,39	0,28	» на левую сторону

Продолжение таблицы

Номер пилы	Толщина пилы, мм	Торцовое биение, мм			Прогиб пилы, мм			Операция
		$A_1$	$A_2$	$A_1 + A_2$	$Y_1$	$Y_2$	$\frac{Y_1 + Y_2}{2}$	
6	2,99	-0,05	+0,26	0,31	0,17	0,39	0,28	Чистовая заточка
		-0,08	+0,23	0,31	0,14	0,36	0,25	Корректировка развода
		-0,10	+0,14	0,24	0,23	0,31	0,27	Правка
		-0,45	+0,21	0,66	0,41	-0,17	0,12	Исходное состояние
		-0,49	+0,09	0,58	0,33	-0,08	0,12	Черновая заточка
		+0,05	+0,29	0,24	0,28	0,22	0,25	Правка + проковка
		+0,08	+0,37	0,29	-0,01	0,50	0,24	Развод 50 % зубьев на правую сторону
		0,00	+0,30	0,30	0,16	0,37	0,26	» на левую сторону
		-0,02	+0,29	0,31	0,18	0,38	0,28	Чистовая заточка
		+0,01	+0,32	0,31	0,14	0,37	0,25	Корректировка развода
-0,02	+0,22	0,24	0,28	0,22	0,25	Правка		
Серия № 3								
7	2,95	-0,45	+0,52	0,97	0,51	-0,18	0,16	Исходное состояние
		-0,46	+0,54	1,00	0,49	-0,12	0,18	Черновая заточка
		-0,05	+0,22	0,27	0,28	0,22	0,25	Правка + проковка
		-0,02	+0,32	0,34	0,16	0,35	0,25	Поочередное разведение влево и вправо
		-0,01	+0,32	0,33	0,16	0,35	0,25	Чистовая заточка
		-0,02	+0,33	0,34	0,14	0,34	0,24	Корректировка развода
		-0,06	+0,21	0,27	0,29	0,20	0,25	Правка
8	3,06	-0,25	+0,29	0,54	0,33	0,01	0,17	Исходное состояние
		-0,14	+0,35	0,49	0,23	0,04	0,13	Черновая заточка
		-0,01	+0,23	0,24	0,32	0,10	0,21	Правка + проковка
		+0,03	+0,31	0,28	0,21	0,24	0,22	Поочередное разведение влево и вправо
		0,00	+0,31	0,31	0,19	0,25	0,22	Чистовая заточка
		+0,02	+0,32	0,30	0,20	0,22	0,21	Корректировка развода
		-0,05	+0,24	0,29	0,29	0,19	0,24	Правка
9	2,89	-0,28	+0,41	0,69	0,10	0,17	0,13	Исходное состояние
		-0,33	+0,43	0,76	0,04	0,19	0,11	Черновая заточка
		-0,10	+0,15	0,25	0,23	0,20	0,21	Правка + проковка
		-0,10	+0,32	0,42	0,07	0,30	0,19	Поочередное разведение влево и вправо
		-0,13	+0,30	0,43	0,05	0,30	0,17	Чистовая заточка
		-0,12	+0,30	0,42	0,05	0,29	0,17	Корректировка развода
		+0,10	+0,22	0,32	0,21	0,18	0,20	Правка
Серия № 4								
10	2,82	-0,23	+0,21	0,44	0,28	0,22	0,25	Исходное состояние
		-0,21	+0,40	0,61	0,35	0,25	0,30	После сверления
11	2,88	-0,19	+0,35	0,54	0,33	0,31	0,32	Исходное состояние
		-0,30	+0,50	0,80	0,47	0,33	0,40	После сверления
12	2,76	-0,20	+0,24	0,44	0,27	0,35	0,31	Исходное состояние



Продолжение таблицы

Номер пилы	Толщина пилы, мм	Торцовое биение, мм			Прогиб пилы, мм			Операция
		$A_1$	$A_2$	$A_1 + A_2$	$Y_1$	$Y_2$	$\frac{Y_1 + Y_2}{2}$	
13	2,92	-0,20	+0,31	0,51	0,28	0,39	0,34	После сверления
		-0,10	+0,32	0,42	0,56	0,52	0,54	Исходное состояние
14	2,81	-0,08	+0,59	0,67	0,79	0,41	0,60	После сверления
		-0,25	+0,13	0,38	0,53	0,60	0,56	Исходное состояние
15	2,85	-0,20	+0,23	0,43	0,60	0,73	0,66	После сверления
		-0,24	+0,09	0,33	0,53	0,61	0,57	Исходное состояние
		-0,11	+0,24	0,35	0,62	0,75	0,68	После сверления
Серия № 5								
16	2,72	-0,69	+0,02	0,71	0,01	0,53	0,27	После расточки отверстия
17	2,87	-0,50	+0,30	0,80	0,35	0,02	0,18	»
18	2,73	+0,92	+0,13	1,05	1,09	0,03	0,56	»
19	2,27	-0,82	-0,28	0,54	1,35	0,00	0,67	»
20	2,25	-0,85	-0,45	0,40	0,93	0,16	0,54	»
21	2,17	-0,18	+0,78	0,96	1,33	1,34	1,33	»
22	2,23	+0,48	+1,02	0,54	1,70	1,60	1,65	»
23	2,53	+0,22	+0,69	0,47	1,94	2,34	2,14	»
24	2,26	-0,39	+0,52	0,91	1,45	0,82	1,13	»
25	2,80	-0,43	+0,36	0,79	0,00	0,78	0,39	»
26	2,53	-0,38	+0,40	0,78	0,24	1,13	0,68	»

Пилу при многократных измерениях на приборах ПН-1 или ПСП-710 всегда устанавливали в одно и то же положение (по специальным меткам). Первое положение при определении прогиба  $Y_1$  на приборе ПСП-710 соответствовало положению пилы при насечке зубьев. В приборе ПСП-710 измерительный стержень индикатора, центр пилы и одна из опор находятся на одной линии. Поворот пилы для измерения прогиба  $Y_2$  производили относительно этой линии. Это позволяло вести контроль за  $Y_1$ ,  $Y_2$  в одной точке пилы при сохранении расположения опор. Перед измерениями прибор ПСП-710 тарировали на ноль.

Анализ приведенных в таблице первичных контрольных данных и данных работы [4] позволяет отметить следующее.

1. После черновой заточки зубьев диск пилы приобретает тарельчатую форму. Причина образования тарельчатости объясняется тем, что при насечке зубьев по их контуру образуются неравномерные по толщине диска наклепанные слои металла. На заводе-изготовителе вызванное этими слоями напряженное состояние уравнивается правкой (проковкой) диска преимущественно с одной стороны. При черновой заточке происходит частичное или полное снятие наклепанных слоев металла, равновесие напряженного состояния нарушается и диск пилы принимает тарельчатую форму. Описанный механизм образования тарельчатости показан на рис. 1.

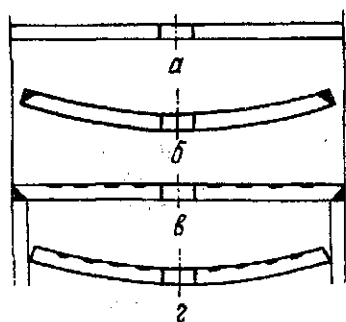


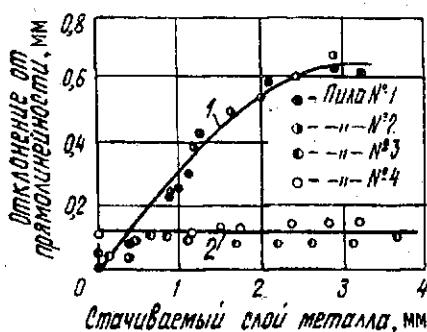
Рис. 1. Изменение плоскостности диска на различных стадиях изготовления: *а* – исходное состояние (после закалки, отпуска, шлифования); *б* – после насечки зубьев; *в* – после перевертывания и односторонней правки; *2* – после заточки зубьев

2. Стрела прогиба, характеризующая тарельчатость диска после заточки зубьев, всегда имеет одно направление. При нахождении пилы в заточном станке и после заточки зубьев образующаяся выпуклость диска (стрела прогиба) направлена на оператора заточного станка. Если ориентироваться на направление рабочего движения пуансона при насечке зубьев, то выпуклость (стрела прогиба) диска после заточки будет направлена противоположно этому движению. Величина тарельчатости диска зависит от его геометрических размеров и напряженного состояния. Чем больше ослаблена средняя зона диска проковкой (вальцеванием), тем тарельчатость будет больше. Тарельчатость диска при заточке зубьев нарастает до тех пор, пока не будут полностью удалены наклепанные слои металла от насечки зубьев. Глубина этих слоев обычно составляет 0,7...1,1 от толщины диска [4].

3. Наклепанные слои металла при насечке зубьев лучше всего удалять на заводе-изготовителе пил. Для этого могут быть использованы следующие способы: насечка зубьев в заготовке до термообработки [3]; повторный нагрев заготовки до температуры отпуска после насечки зубьев (рис. 2, [1]); стачивание наклепанных слоев при заточке зубьев (желательно проводить сразу же после насечки зубьев); замена насечки зубьев на их нарезку фрезерованием или с помощью лазерной техники; выполнение шлифования торцовых поверхностей диска после насечки зубьев [2]. Последний способ приводит лишь к частичному уменьшению неблагоприятного влияния наклепанных слоев металла от насечки зубьев. Если перечисленные меры заводом-изготовителем не приняты, то потребитель в течение первых 5–7 переточек должен обращать повышенное внимание на плоскостность диска пилы и при необходимости производить его правку.

4. Предварительный (черновой) развод 50 % зубьев (ручной разводкой с установкой пилы в деревянном зажимном приспособлении) на величину 1,0 мм на левую сторону (в сторону рабочего движения пуансона при насечке зубьев) приводит к увеличению прогиба  $U_1$  и уменьшению прогиба  $U_2$ , а развод 50 % зубьев на правую сторону диска – к уменьшению  $U_1$  и увеличению  $U_2$ . Уровень изменения прогибов  $U_1$ ,  $U_2$  при одинаковом разводе зубьев на левую и правую стороны диска был различен. Например, в опытах

Рис. 2. Изменение плоскостности диска прокованных пил размером  $500 \times 2,5 \times 50$  мм при заточке зубьев с постепенным снятием наклепанного слоя металла по контуру зубьев: 1 – насечка зубьев после термообработки; 2 – дополнительный отпуск после насечки зубьев [1]



№ 1 увеличение  $V_1$  при разводе 50 % зубьев на левую сторону составляло 0,05...0,13 мм, а уменьшение его при разводе остальных 50 % зубьев на правую сторону – 0,13...0,27 мм; в опытах № 2 уменьшение  $V_1$  при разводе 50 % зубьев на правую сторону составляло 0,29...0,48 мм, а увеличение его при разводе остальных 50 % зубьев на левую сторону – 0,17...0,24 мм. Поэтому после развода всех зубьев достигнутая при правке и проковке диска исходная равномерность прогибов диска пилы  $V_1$  и  $V_2$  может существенно нарушаться. Для устранения неравномерности прогибов требуется дополнительная правка диска.

5. Все три использованных способа развода зубьев (50 % налево + 50 % направо; 50 % направо + 50 % налево; поочередный отгиб зубьев – налево, направо и т. д.) приводят к существенному нарушению исходной равномерности прогибов  $V_1$  и  $V_2$  дисков. При разводе сначала 50 % зубьев на одну сторону несколько лучшие результаты получены при первоочередном отгибе зубьев на правую сторону (в сторону, противоположную рабочему движению плунсона при насечке зубьев). Однако для окончательного подтверждения этой закономерности необходима постановка дополнительных опытов для выявления причин изменения прогибов  $V_1$ ,  $V_2$ . Их может быть две: изгиб диска в зоне основания зубьев при их разводе, нарушение симметрии и равновесия напряженного состояния диска.

6. Чистовая заточка зубьев (два прохода по задней грани) и корректировка развода зубьев (на 0,1...0,15 мм) не оказывают заметного влияния на прогибы диска  $V_1$ ,  $V_2$ .

7. Сверление одного отверстия диаметром 13 мм на радиусе 71,5 мм в прокованных и выправленных пилах размером  $560 \times 2,8 \times 125$  мм приводит к некоторому увеличению прогибов  $V_1$ ,  $V_2$  и их среднего алгебраического значения ( $0,5(V_1 + V_2)$ ), что связано с перераспределением остаточных напряжений. Повышение неравномерности прогибов  $V_1$ ,  $V_2$  и показателей торцового биения  $A_1$ ,  $A_2$  указывает на то, что при сверлении отверстия с размещением под пилой деревянной опоры также происходит деформирование диска. Поскольку сверлится одно отверстие, то деформируется одна половина диска и в большинстве случаев увеличивается в основном одно слагаемое  $A_2$  торцового биения. Для исключения влияния изгиба при сверлении

отверстия необходимо иметь металлическую прокладку между пилой и опорой.

8. Расточка центрального отверстия с 50 до 125 мм у прокованных на АО «ГМЗ» пил диаметром 560 мм приводит к дополнительному ослаблению средней зоны и образованию явной тарельчатости. Это подтверждается значительной неравномерностью прогибов  $U_1$ ,  $U_2$  и слагаемых торцового биения пил  $A_1$ ,  $A_2$ .

### Выводы

1. Операции по расточке посадочного отверстия и сверления отверстия под коксу необходимо выполнять на заводе-изготовителе до термообработки или проковки, правки диска. Если их приходится выполнять на лесопильно-деревообрабатывающем предприятии, то они должны быть начальными операциями во всем технологическом цикле подготовки пил.

2. При заточке новых пил с насеченными зубьями и нейтральзованными наклепанными слоями металла в течение первых 5–7 пилюсов необходимо обращать повышенное внимание на формоизменение диска и производить его правку.

3. Черновой развод зубьев у новых пил при возможности следует производить до правки и проковки диска. Если он выполняется после правки и проковки, то после развода зубьев необходим дополнительный контроль плоскостности диска и его правка. Традиционно используемые ручные разводки и деревянные тиски нуждаются в замене на более совершенные разводные устройства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

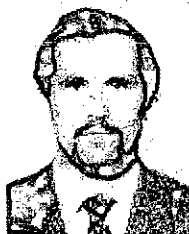
- [1]. А.с. 1151384 СССР, МКИ В 23D 65/00. Способ изготовления круглых пил / Ю.М. Стахийев, Б.В. Арефьев, В.В. Макаров (СССР). - № 3689014/25-08; Заявлено 05.12.83; Оpubл. 23.04.85, Бюл. №15 // Открытия. Изобретения. - 1985. - №15.
- [2]. А.с. 899287 СССР, МКИ В 23D 65 / 00. Способ изготовления круглых пил / Ю.М. Стахийев, Б.В. Арефьев (СССР). - № 2932871/25-08; Заявлено 04.06.80; Оpubл. 23.01.82, Бюл. №3 // Открытия. Изобретения. - 1982. - №3. [3]. Пат. 994165 РФ, МКИ В 23D 65/00. Способ изготовления круглых пил / Ю.М. Стахийев (Россия). - № 2976836/25-08; Заявлено 09.07.80; Оpubл. 07.02.83, Бюл. №5 // Открытия. Изобретения. - 1983. - №5. [4]. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 384 с.

Поступила 25 ноября 1996 г.

УДК 630\*841

*Ю.А. ВАРФОЛОМЕЕВ, Т.М. ПОРОМОВА, Н.Б. БИРЮЛИНА*  
ЦНИИМОД

Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета. Имеет около 200 научных трудов в области повышения эксплуатационной надежности деревянных конструкций и защитной обработки древесины экологически безопасными методами.



Поромова Таисья Михайловна родилась в 1938 г., окончила в 1960 г. Пермский государственный университет, старший научный сотрудник лаборатории защиты древесины ЦНИИМОД. Имеет более 50 научных трудов в области защитной обработки древесины.



Бирюлина Наталья Борисовна родилась в 1968 г., окончила в 1991 г. С.-Петербургский государственный университет, аспирант-заочник ЦНИИМОД.



## **БИОЗАЩИТНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФТОРСОДЕРЖАЩЕГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ**

Определена защищающая способность консерванта К-45 по отношению к плесневым, деревоокрашивающим и дереворазрушающим грибам; установлена зависимость выделения из консерванта фтористого водорода от температуры окружающего воздуха.

The protective ability of K-45 preservative is specified as applied to mold, wood-destroying and wood-staining fungi. The dependence of hydrogen fluoride liberation from the preservative on the ambient air temperature has been stated.

В нашей стране препараты для консервирования древесины поставляются потребителям в основном в виде отдельных компонентов. Наличие большого числа поставщиков создает серьезные проблемы при комплектации химического сырья, его транспортировке, складировании и т. п. Кроме того, при дозировании биологически активных компонентов непосредственно на месте потребления резко повышается вероятность загрязнения окружающей среды. За рубежом препараты для консервирования древесины поставляют потребителям в готовой форме. Анализ их рецептур показывает, что в настоящее время наиболее широко применяют препараты на основе аммиачного арсената меди, цинка, кислого хромата меди.

В лаборатории защиты древесины ЦНИИМОД проведены исследования по замене высокотоксичных компонентов соединениями, менее опасными в экологическом отношении и не уступающими им по защищающей способности. В результате данных исследований разработан препарат марки К-45, предназначенный для защиты древесины от поражения грибами. Составными компонентами его служат соли железа, фтора и технологические добавки. Препарат обеспечивает надежную защиту от дереворазрушающих, плесневых и деревоокрашивающих грибов, а также окрашивает древесину в серый цвет без добавления пигмента, что позволяет рекомендовать его для реставрационно-ремонтных работ на объектах деревянного зодчества.

При создании препарата использовано явление синергизма, заключающееся во взаимном усилении активности совместно применяемых слабых в биологическом отношении компонентов. Усиление вызвано их действием на одно и то же звено или на различные звенья жизнедеятельности грибов. Поэтому необходимо знать принцип действия защитных средств и их компонентов на живые клетки. Защищающая способность предлагаемого препарата обусловлена солями фтора, железа, а также соединением четвертичного аммония, представляющего собой поверхностно-активное вещество (ПАВ), в котором атомы водорода замещены на радикалы с прямой цепью алкидных остатков  $C_5-C_{18}$ .

В процессе взаимодействия фторсодержащего соединения (ФС) с водой выделяется фтороводород HF, относящийся к токсичным продуктам. Основной мишенью действия фторидов является в первую очередь клеточная мембрана. Фториды нарушают проницаемость мембран, ингибируют дыхание растений, вызывают изменение липидного обмена и содержания сахаров, дезорганизуют работу рибосомных систем\*.

Компонент антисептика, представляющий собой ПАВ, благодаря высокой адсорбционной способности легко проникает в мембраны, связывается с фосфолипидами, ингибирует дыхание. Под действие ПАВ происходит

---

\* Варфоломеев Ю.А., Костина Е.Г. Влияние антисептиков на структуру жизнедеятельности клеток микроорганизмов // Деревообаб. пром-сть. - 1992. - № 3. - С. 4 - 5.

распад целлюлозоразрушающего ферментативного комплекса гриба на составляющие части.

Неорганические соли металлов влияют на деление клеток, изменяя структуру хромосом.

Токсичность предлагаемого препарата и его основных компонентов по отношению к древоокрашивающим, плесневым и дереворазрушающим грибам определяли при испытании монокультур спор на сусло-агаровой питательной среде. В стерилизованную в автоклаве при давлении пара (0,1±0,01) МПа в течение 20 мин питательную среду добавляли необходимое количество препарата в соответствии с заданными концентрациями и разливали по 20 мл в чашки Петри. Застывшую среду инокулировали в пяти местах по схеме «конверта» путем уколов иглой через приоткрытую чашку. Для инфицирования брали 30-суточные культуры грибов синевы *Alternaria humicola* и плесени *Trichoderma harzianum*, выращенные на солодовом агаре. После посева культуры чашки выдерживали при температуре 20...22 °С и влажности 70 %. За развитием грибов наблюдали ежедневно в течение пяти суток, фиксируя время появления колоний грибов, их диаметр и др. характеристики. Испытания проведены в трех повторениях, результаты их представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Защищающая способность препарата К-45 по отношению к *Alternaria humicola***

Вариант	Массовая доля компонента, %		Концентрация, %	Средний диаметр колоний, мм, при продолжительности испытаний, сут							
	ФС	ПАВ		1	2	3	4	8	9	10	11
1	78,7	0,3	0,01	0	13	22	30	34	Срастание		
			0,10	0	0	0	0	0	0	0	0
2	74,7	0,3	0,01	0	12	20	28	34	Срастание		
			0,10	0	0	0	0	0	0	0	0
3	53,4	0,3	0,01	0	13	23	30	34	Срастание		
			0,10	0	0	2	3	10	11	12	12
4	50,0	2,0	0,01	0	11	18	25	34	Срастание		
			0,10	0	4	8	11	22	24	26	28
5	28,0	2,0	0,01	0	12	23	30	34	Срастание		
			0,10	0	1	2	6	15	17	18	21
6	47,0	5,0	0,01	0	11	19	26	34	Срастание		
			0,10	0	0	0	0	0	0	0	0
7	25,0	5,0	0,01	0	12	21	27	34	Срастание		
			0,10	0	1	2	3	13	16	17	19
Контроль*	-	-	-	0	16	25	33	34	Срастание		

\* Контрольный образец здесь и далее, в табл. 2, 3, без добавления антисептика.

Таблица 2

**Защищающая способность препарата К-45 по отношению  
к *Trichoderma harzianum***

Вариант	Массовая доля компонента, %		Концентрация, %	Средний диаметр колоний, мм, при продолжительности испытаний, сут								
	ФС	ПАВ		1	2	3	4	8	9	10	11	
1	78,7	0,3	0,01	0	25	34	Срастание					
			0,10	0	0	0	0	5	7	9	11	
2	74,7	0,3	0,01	0	26	34	Срастание					
			0,10	0	0	0	2	16	18	20	22	
3	53,4	0,3	0,01	0	26	34	Срастание					
			0,10	0	22	34						
4	50,0	2,0	0,01	0	15	30	34	Срастание				
			0,10	0	0	2	5	9	10	10	11	
5	28,0	2,0	0,01	0	22	34	Срастание					
			0,10	0	11	15	16	18	19	19	21	
6	47,0	5,0	0,01	0	5	5	6	10	12	13	13	
			0,10	0	0	0	0	2	3	3	3	
7	25,0	5,0	0,01	0	7	8	9	10	12	13	13	
			0,10	0	0	0	0	3	4	5	5	
Контроль	-	-	-	0	24	34	Срастание					

По аналогичной методике определено воздействие препарата на деструктурирующие грибы *Coniophora cerebella* в колбах с сусло-агаровой средой. Наблюдения за развитием гриба производили раз в неделю в течение пяти недель. Фиксировали средний диаметр колонии. Динамика роста колонии показана в табл. 3.

При анализе данных, отражающих динамику роста колоний грибов синевы и плесени, установлено, что в контрольных чашках грибы прорастают на вторые сутки; в последующем прирост колоний плесневого гриба идет быстрее, их срастание зафиксировано уже на третьи сутки. Колонии гриба синевы развиваются медленнее и срастаются лишь на восьмые сутки.

Добавка раствора антисептика с концентрацией 0,01 % незначительно влияет на рост гриба. Исключение составляют варианты 6 и 7, где некоторое подавление роста грибов связано с увеличением в составе препарата доли ПАВ. При увеличении концентрации до 0,10 % во всех случаях происходит подавление роста гриба. Следует отметить варианты 1, 2 и 6, в которых к концу испытаний рост плесневого гриба значительно подавлен, а развитие гриба синевы полностью остановлено. Эффективность данных препаратов связана прежде всего со значительным содержанием основного токсичного компонента – фтористой соли (варианты 1 и 2). В опыте по варианту 6 проявляется совместное воздействие компонентов препарата на развитие гриба с эффектом их взаимного усиления.



Таблица 3

**Защищающая способность препарата К-45 по отношению  
к *Coniophora cerebella***

Вариант	Массовая доля компонента, %		Концентрация, %	Средний диаметр колоний, мм, при продолжительности испытаний, нед.				
	ФС	ПАВ		1	2	3	4	5
1	78,7	0,3	0,01	20	70	95	110	110
			0,10	0	0	0	0	0
2	74,7	0,3	0,01	25	80	105	110	110
			0,10	0	0	0	0	0
3	53,4	0,3	0,01	35	90	105	110	110
			0,10	0	12	25	45	50
4	50,0	2,0	0,01	25	70	100	110	110
			0,10	0	0	12	25	30
5	28,0	2,0	0,01	25	60	65	100	110
			0,10	23	55	60	75	83
6	47,0	5,0	0,01	10	15	30	35	58
			0,10	12	25	35	38	43
7	25,0	5,0	0,01	19	55	95	110	110
			0,10	20	35	45	45	65
Контроль	-	-	-	30	65	95	110	110

**Примечание.** При диаметре колонии 110 мм наблюдается полное обростание грибом поверхности питательной среды.

При увеличении концентрации антисептика наблюдается наиболее заметный рост защищающей способности, особенно, по отношению к грибу синевы.

Анализ приведенных в табл. 3 данных показывает, что предлагаемые препараты по отношению к дереворазрушающим грибам в низких концентрациях мало эффективны. Десятикратное увеличение концентрации приводит к подавлению роста гриба в вариантах 1 и 2, что связано с воздействием выделяющегося фтористого водорода – основного токсичного продукта. Зафиксировано также влияние ПАВ на подавление роста данного вида гриба.

Каждая операция пропитки древесины защитным препаратом характеризуется эмиссией вредных веществ в окружающую среду. Нами проведены санитарно-химические исследования эмиссии фтористого водорода из 10 %-х водных растворов фторсодержащих антисептических препаратов К-45-1, К-45-2, К-45-6. Для сравнения использовали данные по эмиссии для ранее разработанного в ЦНИИМОД антисептика К-12 и серийно выпускаемого промышленностью технического кремнефторида аммония (КФА). Испытания проводили при различной температуре в стеклянных камерах, покрытых внутри парафином для предотвращения эрозии стекла. Воздух из камеры отбирали с помощью аспирационного устройства через поглотитель.

Таблица 4

## Эмиссия HF из антисептиков в зависимости от температуры

Температура в камере, °С	Продолжительность испытаний, сут	Эмиссия HF, мг/м <sup>3</sup> , из антисептика				
		КФА	К-12	К-45-1	К-45-2	К-45-6
5	1	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02
20	1	0,09	0,05	0,05	0,03	0,03
	2	0,07	0,03	0,03	0,02	0,01
	3	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
35	1	0,12	0,06	0,06	0,05	0,03

тельный раствор. Методика основана на реакции HF с ализаринкомплексонатом лантана с образованием тройного комплексного соединения сиренево-синего цвета. Полученные средние арифметические значения эмиссии представлены в табл. 4.

Из данных табл. 4 видно, что с ростом температуры выделение HF увеличивается. Максимальная эмиссия наблюдается в первые сутки эксперимента, причем у КФА эмиссия наибольшая, а у модификации К-45-6 – наименьшая.

Препарат марки К-45 имеет эмиссию HF меньшую, чем у К-12. Концентрация HF, выделяющегося из водных 10 %-х растворов испытанных антисептиков, не превышает предельно допустимых концентраций по ГОСТ 12.1.005 – 88 в воздухе рабочей зоны и для КФА (по фтору) составляет 0,2 мг/м<sup>3</sup> (среднесменная) и 1,0 мг/м<sup>3</sup> (максимальная).

Полученные нами результаты позволяют охарактеризовать препарат К-45 как менее опасный в экологическом отношении по сравнению с другими фторсодержащими средствами защиты древесины. На основании проведенных микологических испытаний можно сделать вывод, что К-45 проявляет защитное действие на требуемом уровне по отношению к деревоокрашивающим, плесневым и дереворазрушающим грибам и не уступает по эффективности известным средствам.

Поступила 7 марта 1996 г.

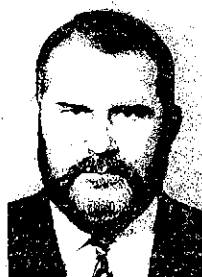
## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.017

В. И. КОМАРОВ

Архангельский государственный технический университет

Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 160 печатных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.

**ДЕФОРМАТИВНОСТЬ  
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ**

Экспериментально показано, что целлюлозно-бумажные материалы являются жесткими и хрупкими. Это позволяет говорить о возможности использования положений статистической теории прочности для оценки качества данных материалов. Выявлено отсутствие однозначной зависимости характеристик  $E_3$ ,  $E_n$  и  $E_2$  от начального модуля упругости  $E_1$ . Показано, что увеличение относительного содержания в материалах коротковолокнистой фракции делает материал более жестким при растяжении. Установлено, что образцы, обладающие различной жесткостью при растяжении, имеют более высокую вариацию начального модуля упругости по сравнению с характеристиками прочности.

It has been shown by experiments that pulp-and-paper materials are stiff and fragile. It allows to speak about the possibility of using the assumed statistic theory of strength for evaluating the quality of the given

materials. The lack of single-valued dependence of  $E_s$ ,  $E_n$  and  $E_2$  on initial elastic modulus has been revealed. It has been shown that the increase of the relative content of short-fibered fraction makes the material more stiff strain. It has been set up that the samples of different tensile stiffness have higher variation of the initial elastic modulus in comparison with strength characteristics.

В отличие от металлов, пластмасс и композитов для целлюлозно-бумажных материалов еще не удалось получить применимые в любых случаях и хорошо интерпретируемые законы для прогнозирования зависимости напряжение-деформация. Нам удалось установить не только влияние различных технологических факторов на характеристики деформативности, но и выявить закономерности механического поведения материала в зависимости от величины начального модуля упругости. В данной работе представлены результаты сравнительного исследования влияния основных технологических факторов на характеристики деформативности целлюлозно-бумажных материалов при испытании на растяжение. Оценены величины начального модуля упругости  $E_1$ , разрушающего напряжения  $\sigma_p$ , деформации разрушения  $\epsilon_p$  и соотношений между эффективным модулем упругости  $E_s$ , усредненно оценивающим зону замедленно упругого деформирования, модулем упругости материала в точке возникновения пластических деформаций  $E_n$ , модулем упругости в области предразрушения материала  $E_2$  разрушающим напряжением и начальным модулем упругости.

Экспериментальные данные представлены в виде таблиц и рисунков.

*Влияние вида волокнистого материала.* Из табл. 1 следует, что техническая целлюлоза одной марки, полученная на одном и том же производстве, но различным способом (производство 1), существенно отличается по механическим свойствам. В образцах от периодического способа варки возникновение пластических деформаций и рост трещины, приводящий к разрушению, наблюдаются при меньшей величине соотношений  $E_n/E_1$  и  $E_2/E_1$  по сравнению с образцами от непрерывного способа варки. Соотношение  $\sigma_p/E_1$ , очевидно, можно считать критерием дефектности структуры материала. Теоретическое значение предела прочности хрупкого материала  $\sigma_t$  составляет примерно  $0,1 E$ . Экспериментально наблюдаемая прочность изменяется в широких пределах, но, как правило, оказывается в 10–100 раз меньше теоретической. Причина подобного ослабления структуры твердого тела – присутствие в нем дефектов или трещин, которые действуют как концентраторы напряжений. Нами установлено, что для целлюлозно-бумажных материалов реальная прочность в 10–20 раз меньше теоретической.

Таблица 1

## Влияние вида материала на его вязкоупругие свойства

Номер произ- водства	Материал	СП, °ШР	$E_1$	$\sigma_p$	$\epsilon_p$	$E_2/E_1$	$E_v/E_1$	$E_2/E_1$	$\sigma_p/E_1$
			МПа			%			
1	Хвойная сульфатная небеленая целлюлоза: непрерывная варка периодическая варка	25	9 315	73,6	2,78	43,4	33,8	14,2	0,79
		25	11 552	68,9	1,91	47,9	21,3	6,9	0,60
2	Лиственная целлюлоза: небеленая беленая	21	3 113	28,5	1,27	71,9	56,6	39,5	0,92
		21	3 884	25,4	1,84	52,4	20,6	7,2	0,65
3	Сульфитная беленая целлюлоза	30	9 487	38,9	2,2	25,4	12,7	4,7	0,41
4	Сульфатная беленая целлюлоза: хвойная лиственная Хвойная ХТММ Лиственная ХТММ ТММ	22	4 130	19,3	1,65	51,1	-	19,4	0,75
		23	4 210	18,3	1,39	52,0	-	21,1	0,43
		65	2 890	22,3	1,42	58,8	-	25,6	0,77
		65	2 740	23,2	1,35	60,1	-	26,9	0,84
		65	2 460	14,0	1,23	62,0	-	26,5	0,57

\* СП – степень помола.

Испытания образцов лиственной белой сульфатной целлюлозы, произведенной на разных заводах (производства 2 и 4), показали, что, как и в случае хвойной небеленой сульфатной целлюлозы, у образцов с большей величиной  $E_1$  характеристика  $\epsilon_p$  и соотношение  $\sigma_p/E_1$  меньше. При сравнении механического поведения механических масс и технических целлюлоз установлено, что процессы, обуславливающие замедленную упругость и развитие трещины, приводящее к разрушению, наблюдаются при значительно меньших изменениях структуры в силовом поле, а исследуемые соотношения имеют большие значения. Выявлена следующая закономерность: у материалов одного вида с увеличением начального модуля упругости снижается величина соотношения  $\sigma_p/E_1$ .

*Влияние фундаментальных свойств.* В табл. 2 и на рис. 1 представлены результаты испытания образцов, которые в выборках обнаружили максимальные и минимальные величины начального модуля упругости. Образцы с максимальным начальным модулем упругости, как правило, обладали более высокими межволоконными силами связи и средней шириной волокна, но меньшими показателями средней длины и прочности. Более жесткие образцы (кривые 1) содержали относительно больше коротковолокнистых фракций. У всех исследуемых полуфабрикатов более высокое значение начального модуля упругости соответствовало более высоким значениям характеристик прочности.

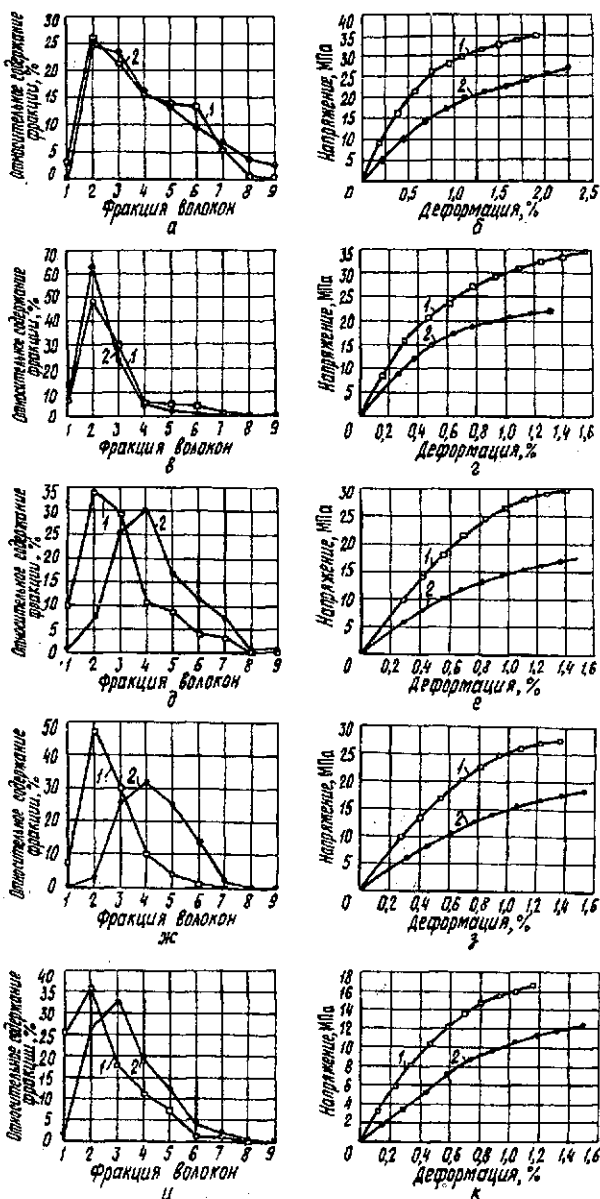


Рис. Фракционный состав (а, в, д, ж, и) и зависимость напряжение–деформация (б, з, е, з, к) для хвойной (а, б) и лиственной (в, з) целлюлозы, хвойной (д, е) и лиственной (ж, з) ХТММ и ТММ (кривая 1 соответствует максимальному, кривая 2 – минимальному модулю упругости (см. табл. 2); фракция волокон: 1 – < 0,6 мм; 2 – 0,6...1,2; 3 – 1,2...1,8; 4 – 1,8...2,4; 5 – 2,4...3,0; 6 – 3,0...3,6; 7 – 3,6...4,2; 8 – 4,2...4,8; 9 – > 4,8 мм)

Таблица 2.

## Физико-механические характеристики образцов с максимальными и минимальными значениями начального модуля упругости

Характеристики	Значения характеристик при $E_1$ , МПа									
	Хвойная целлюлоза		Лиственная целлюлоза		Хвойная ХТММ		Лиственная ХТММ		ТММ	
	5000	2330	5460	3170	3890	1920	3620	2010	2460	1250
Фундаментальные:										
$F_{св}$ , МПа	1,25	1,12	0,89	0,90	1,23	1,06	1,29	0,96	1,09	0,79
$F_{SV}$ , МПа	3,10	2,88	2,23	2,30	3,38	3,39	3,73	3,06	3,87	2,87
$F_z$ , Дж/м <sup>2</sup>	201	152	124	111	150	136	138	117	102	103
$L_0$ , м	2990	3010	2450	2080	2140	2490	1910	2620	1830	2000
$V$ , см <sup>3</sup> /г	1,59	1,65	1,61	1,63	1,76	2,05	1,85	2,05	2,28	2,33
$l_{ср}$ , мм	1,91	2,18	1,36	0,90	1,49	2,25	1,25	2,28	1,20	1,71
$d_{ср}$ , мкм	40,9	28,4	31,8	29,8	46,7	34,4	33,6	41,4	46,3	43,1
Прочностные:										
$R$ , Н	46,4	39,0	42,7	29,5	41,0	27,4	39,3	31,0	26,0	21,0
$L$ , м	5900	4990	5610	3910	5250	3800	5020	4210	3320	2750
$\sigma_p$ , МПа	35,0	28,0	34,0	23,8	31,1	17,1	28,5	18,7	16,6	12,3
$A_p$ , мДж	63,7	54,6	47,4	23,9	35,6	25,5	33,1	28,1	19,2	19,0
$P_{zс}$ , м/с	2,04	1,76	1,82	1,48	1,62	1,48	1,56	1,52	1,58	1,60
$P_{zв}$ , м/с	2,20	1,90	2,00	1,90	2,20	1,50	2,20	2,00	2,40	2,16
$N$ , ч.д.п.	100	27	27	4	9	8	6	8	2	5

Таблица 3

## Влияние фракционирования на вязкоупругие свойства материала

Материал	Степень помола, °ШР	Фракция	$l_{ср}$ , мм	$E_1$	$\sigma_p$	$\epsilon_p$	$E_2/E_1$	$E_4/E_1$	$E_2/E_1$	$\sigma_p/E_1$
				МПа			%			
Сульфатная небеленая целлюлоза	25	*	1,20	5412	71,0	2,52	55,7	53,8	35,8	1,39
		1	1,60	4927	59,5	2,16	69,4	65,4	50,5	1,25
		2	1,35	5699	73,6	2,36	53,7	51,8	33,8	1,32
		3	1,01	4048	68,0	2,52	71,6	69,9	44,7	1,78
	45	*	0,51	4441	68,5	2,44	65,9	65,9	33,5	1,58
		1	0,44	4429	61,5	2,24	66,3	64,9	32,3	1,50
		2	0,37	6820	46,0	1,56	45,2	42,7	32,3	0,77
		3	0,25	6294	74,6	2,48	46,0	44,2	22,9	1,23
Сортированная ТММ после дополнительного размола	*	1,50	1106	5,9	1,16	52,7	35,5	16,4	0,55	
	1	1,77	127	0,8	1,28	52,5	55,0	27,7	0,66	
	2	1,23	324	1,4	0,85	54,8	40,2	25,4	0,43	
	3	0,60	871	3,8	0,88	44,7	42,4	23,5	0,44	
	4	0,30	2547	14,5	1,35	49,5	39,5	17,3	0,57	

\* Нефракционированный материал.

**Влияние фракционирования.** В табл. 3 приведены данные исследования образцов нефракционированной целлюлозы и исходной ТММ, а также выделенных из них фракций с различной средней длиной волокна, подвергнутых размолу. Из табл. 3 следует, что наиболее четкие закономерности изменения исследуемых характеристик наблюдаются у механической массы по сравнению с технической целлюлозой. Снижение средней длины волокна у ТММ с переходом от фракции 1 к фракции 4 приводит к возрастанию начального модуля упругости и прочности, при этом наблюдается тенденция к повышению деформации разрушения. Изменения в структуре, способствующие возникновению замедленно упругой и пластической деформаций и росту трещины, приводящему к разрушению, при переходе от фракции 1 к фракции 4 наблюдаются при возрастающем механическом напряжении. У технической целлюлозы лучшие деформационные свойства отмечены у фракции 2. Характер изменения соотношений  $E_2/E_1$ ,  $E_n/E_1$  и  $E_2/E_1$  зависит от степени помола.

На рис. 2 показано влияние различных технологических факторов на исследуемые характеристики сульфатной небеленой целлюлозы, размолотой до 25 °ШР, и флютинга. Кривые 1, характеризующие изменение  $E_1$ , показывают, что с увеличением степени помола начальный модуль упругости

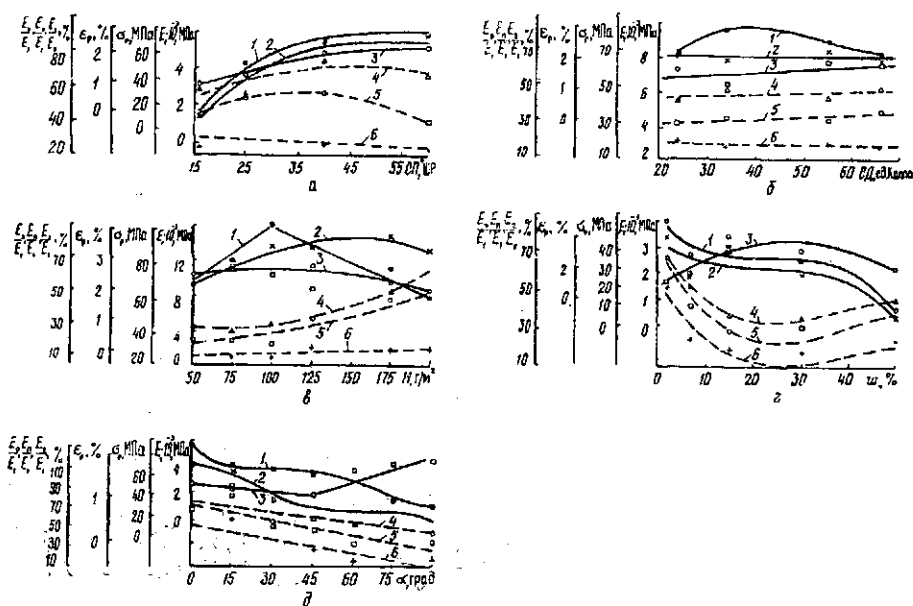


Рис. 2. Влияние степени помола (а), степени делигнификации (б), поверхностной плотности (в), абсолютной влажности (з), степени ориентации волокна (д) на характеристики целлюлозы (а-з) и флютинга (д): 1 — начальный модуль упругости  $E_1$ ; 2 — разрушающее напряжение  $\sigma_p$ ; 3 — деформация разрушения  $\epsilon_r$ ; 4 — отношение  $E_2/E_1$ ; 5 —  $E_n/E_1$ ; 6 —  $E_2/E_1$



монотонно возрастает. При повышении содержания остаточного лигнина кривая имеет положительный экстремум в области 35...40 ед. Каппа, при увеличении массы  $1 \text{ м}^2$  также наблюдается положительный экстремум в области  $100 \text{ г/м}^2$ . Изменение абсолютной влажности с 2 до 7 % за счет роста содержания адсорбционно связанной влаги вызывает снижение  $E_1$  на 30 %, изменение влажности с 7 до 30 %, вызванное накоплением осмотически связанной влаги, не отражается на  $E_1$  – кривая выходит на плато при абсолютной влажности 50 %. Следовательно, наличие влаги, связанной с волокном физико-механическим способом, приводит к дальнейшему снижению  $E_1$ . Переход от машинного направления к поперечному в образце флютинга снижает  $E_1$  на 52 %. Изменение величин  $\sigma_p$  и  $\epsilon_p$  (кривые 2 и 3) протекает с определенным соответствием с кривой 1 только в случае меняющейся степени помола волокна. В остальных исследуемых случаях ход кривых 2 и 3 отличается большим разнообразием.

Ход кривых 4 и 5 для всех образцов идентичен. С увеличением степени помола до 40...45 °ШР относительные величины характеристик  $E_3$  и  $E_n$  повышаются, а при дальнейшем росте этого показателя снижаются. Увеличение содержания остаточного лигнина вызывает незначительные изменения соотношений для 4 и 5. Рост массы  $1 \text{ м}^2$  приводит к увеличению этих соотношений. Повышение абсолютной влажности, вызванное адсорбционно и осмотически связанной влагой, значительно сказывается на величине соотношений  $E_3/E_1$  и  $E_n/E_1$ , приводя в дальнейшем к некоторому их росту. Переход от машинного направления к поперечному в образце бумаги промышленного производства (т.е. уменьшение степени ориентации волокон в испытуемом образце) снижает численные значения этих соотношений. Относительный уровень величины  $E_2$  (кривая б) при изменении степени помола, содержания остаточного лигнина и массы  $1 \text{ м}^2$  может как снижаться, так и возрастать. Изменение относительной влажности и степени ориентации волокон больше влияет на  $E_2/E_1$ , чем степень делигнификации и степень помола волокна технической целлюлозы.

В табл. 4 представлены данные о влиянии многослойности на механическое поведение образцов сульфатной небеленой целлюлозы. Отметим, что физико-механические характеристики в сильной степени зависят от степени помола волокна. При невысокой степени помола улучшение исследуемых характеристик наблюдалось только у образцов с массой  $60 \text{ г/м}^2$ , состоящих из двух слоев. Возрастают начальный модуль упругости, прочность и деформация разрушения. Процессы, которые вызывают замедленно упругую и пластическую деформации и рост трещин, приводящий к разрушению, у многослойных образцов наблюдаются при более высоких, чем у однослойных, напряжениях.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что начальный модуль упругости целлюлозно-бумажных материалов превышает принятый для жестких полимеров минимум, равный  $10^3 \text{ МПа}$ .

Таблица 4

## Влияние многослойности на вязкоупругие свойства материала

Степень помола, ШР°	Число слоев	Масса 1 м <sup>2</sup> , г/м <sup>2</sup>	$E_1$	$\sigma_p$	$\epsilon_p$	$E_2/E_1$	$E_3/E_1$	$E_4/E_1$	$\sigma_p/E_1$	
			МПа			%				
20	1	30	8 882	73,7	1,68	48,1	42,6	22,9	0,85	
		60	11 903	73,1	1,56	53,4	31,1	16,4	0,63	
		90	14 272	104,0	1,76	51,7	28,9	14,6	0,76	
		120	11 192	94,7	1,88	50,5	36,2	13,3	0,85	
	2	60	16 253	89,0	1,84	34,7	22,0	11,0	0,56	
		3	90	12 869	100,0	1,96	52,1	29,5	12,5	0,84
		4	120	11 376	102,0	2,12	54,0	49,8	19,5	0,97
		35	1	30	12 074	66,9	1,52	44,3	28,8	17,6
60	13 637			78,8	1,52	46,2	30,6	15,7	0,62	
90	12 034			100,0	2,08	51,0	30,1	13,8	0,88	
120	9 986			93,9	1,72	58,9	50,9	32,0	1,05	
2	60		11 389	89,0	1,84	50,2	34,1	16,6	0,79	
	3		90	9 686	90,5	1,96	57,8	32,1	15,6	0,94
	4		120	8 944	97,6	1,96	65,3	55,0	19,4	1,15

\* Масса каждого слоя в многослойном материале составляет 30 г/м<sup>2</sup>.

Вид зависимости напряжение–деформация при соблюдении условия  $\sigma_p \approx (0,01 \dots 0,001)E_1$  свидетельствует, что исследуемые материалы можно считать жесткими и хрупкими. Установленные закономерности позволяют предположить возможность использования положений статистической теории прочности для оценки качества данных материалов. Выявлено отсутствие однозначной зависимости характеристик  $E_2$ ,  $E_3$  и  $E_4$  от начального модуля упругости  $E_1$ . Показано, что увеличение относительного содержания в структуре материалов коротковолокнистой фракции повышает величину начального модуля упругости, делает их более жесткими при растяжении. Установлено, что образцы, обладающие различной жесткостью при растяжении, значительно отличаются начальным модулем упругости, а не характеристиками прочности.

Поступила 12 ноября 1998 г.

УДК 676.085.4

*Ю.П. КЛЮЕВ, А.Ю. КЛЮЕВ, Р.Г. ШЛЯШИНСКИЙ, И.В. АНТОНОВИЧ*

Химико-технологический центр АН Белоруссии

Клюев Юрий Петрович родился в 1924 г., окончил в 1947 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент Белорусского технологического университета. Имеет более 50 научных трудов в области синтеза и изучения свойств терпеноидных соединений.



Клюев Андрей Юрьевич родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Химико-технологического центра АН Белоруссии. Имеет около 50 научных трудов в области синтеза, изучения свойств и разработки технологий терпеноидных смол.



Шляшинский Ромуальд Григорьевич родился в 1939 г., окончил в 1963 г. 1-й Московский медицинский институт, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель группы технологии лесохимических и композиционных материалов Химико-технологического центра АН Белоруссии. Имеет более 200 научных трудов в области производства полимеров и оксиполимеров терпенов, некристаллизующейся модифицированной канифоли для кабельной промышленности, антисептических составов, клеев-растворов и клеев-расплавов для радиотехнической промышленности.



Антонович Игорь Владимирович родился в 1967 г., окончил в 1989 г. Белорусский технологический институт, сотрудник Химико-технологического центра АН Белоруссии. Область научных интересов – синтез и изучение свойств вторичных лесохимических продуктов.



## ПОЛУЧЕНИЕ КАНИФОЛЕТЕРПЕНОМАЛЕИНОВЫХ СМОЛ ИЗ РАСТВОРОВ СОСНОВОЙ ЖИВИЦЫ В ЭКСТРАКЦИОННОМ И СУЛЬФАТНОМ СКИПИДАРАХ

Разработан способ получения канифолетерпеномалеиновых смол (КТМС) посредством обработки растворов сосновой живицы в экстракционном и сульфатном скипидарах малеиновым ангидридом при температуре  $(190 \pm 5)$  °С. Изучены физико-химические свойства КТМС.

The method of producing colophony-terpenomaleic resins (CTMR) is worked out based on treating the pine gum solutions in the extractive and sulfate turpentines by maleic anhydride at the temperature of  $(190 \pm 5)$  °С. Physico-chemical properties of CTMR have been studied.

Возрастающая потребность многих отраслей народного хозяйства в продукции лесохимической промышленности способствует разработке новых технологий получения высокоэффективных и важных продуктов на основе экстрактивных веществ сосны обыкновенной *Pinus silvestris* L.

Согласно [6, 8, 9], малеиновые смолы на основе канифоли, скипидара и твердых политерпенов являются перспективными продуктами: канифольномалеиновый аддукт [6], терпеномалеиновая и малеинотерпеновая смолы [8, 9] и производные на их основе нашли применение в лакокрасочной, резинотехнической и целлюлозно-бумажной промышленности. Эти смолы обладают комплексом полезных свойств: стойкостью к окислению кислородом воздуха и воздействию воды, высокими пленкообразующими и физико-химическими свойствами, растворимостью во многих органических растворителях, а также хорошим совмещением со многими полимерными материалами. Основные компоненты, присутствующие в малеиновых смолах и придающие им высокие эксплуатационные свойства, — это малеопимаровая кислота или аддукты терпеновых углеводов.

Ранее нами [10] были проведены исследования в этой области и получена канифолетерпеномалеиновая смола (КТМС) из полупродукта канифольно-терпентинного производства — терпентина (содержит 60 % смоляных кислот и 40 % скипидара), путем его обработки малеиновым ангидридом (40,1...45,1 % мас.) при температуре  $(190 \pm 5)$ °С в присутствии катализаторов ( $\text{CH}_3\text{I} - \text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ ). Смола КТМС представляет собой сплав малеопимаровой кислоты, аддуктов терпеновых углеводов и смоляных кислот. Она обладает высокими физико-химическими свойствами (кислотное число 250...270 мг КОН/г, температура размягчения 75...80 °С).

Исследование термостабильности КТМС [7], синтез на ее основе эфиров, имидов, резинатов [12] и использование смолы в рецептурах флюсов [1], клеях-расплавах [11] показали, что КТМС может служить ценным сырьем для получения высокоэффективных продуктов.

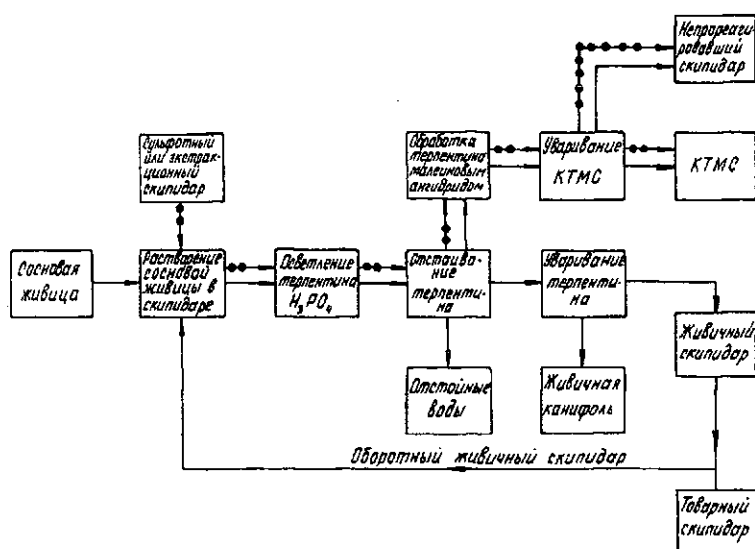


Рис. 1. Схема получения КТМС в общей схеме переработки сосновой живицы на канифоль и скипидар (—► — с использованием живичного скипидара, ◄—► — с использованием экстракционного или сульфатного скипидара)

Производить КТМС на канифольно-терпентинных заводах не представляется сложным ввиду доступности сырья и простоты технологического оформления (рис. 1, 2).

Вырабатываемые предприятиями лесохимической и целлюлозно-бумажной промышленности экстракционный и сульфатный скипидары из-за их низкого качества (наличие примесей, специфический запах) относятся к продуктам второго сорта и имеют ограниченное применение. Исследования, посвященные изучению возможных направлений их использования, становятся актуальными.

Ранее нами установлено, что экстракционный и сульфатный скипидары можно использовать для получения терпеномалеиновой смолы (ТМС), на основе которой был создан антимикробный препарат [2] (N-оксиэтиламид ТМА) для замены нафтената меди, применяемого в электротехнической промышленности при пропитке бумажной изоляции силовых кабелей.

Данная работа является продолжением наших исследований и посвящена изучению возможности использования экстракционного и сульфатного скипидаров при синтезе КТМС.

#### Экспериментальная часть

Для получения КТМС использовали живицу сосны обыкновенной *Pinus silvestris* L. следующего состава: смоляные кислоты — 73,42 %, живичный скипидар — 17,22 %, сор — 1,93 %, вода — 7,43 %.

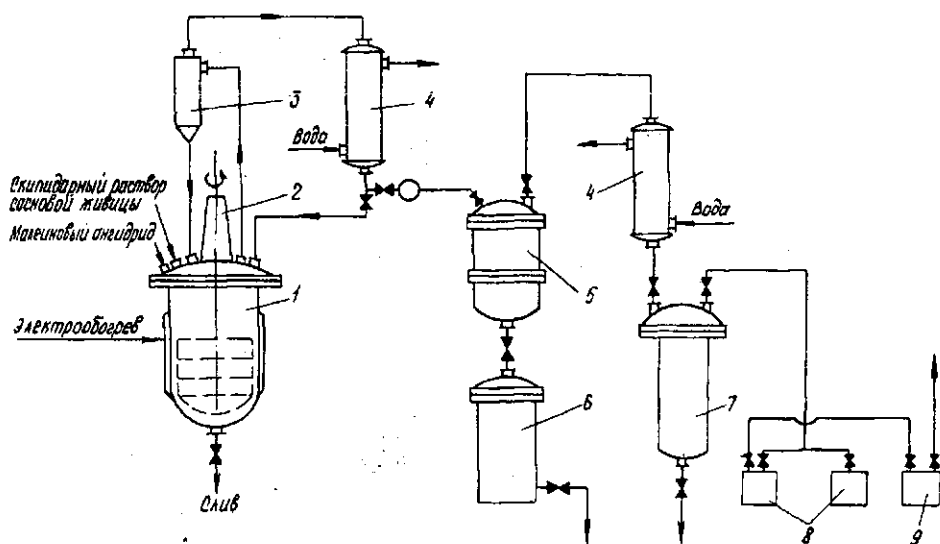


Рис. 2. Технологическая схема производства КТМС: 1 – реактор; 2 – мешалка; 3 – сепаратор; 4 – холодильник; 5 – вакуум-приемник; 6 – сборник непрореагировавшего скипидара; 7 – вакуум-ресивер; 8 – вакуум-насос; 9 – брызгоуловитель

Методом ГЖХ-анализа [14] был определен качественный и количественный состав смоляной части живицы (%): кислоты (абиетиновая – 10,6; левопимаровая и палюстровая – 48,3; неоабиетиновая – 14,5; дегидроабиетиновая – 6,7; дигидроабиетиновая – 0,9; пимаровая – 8,7; сандаракопимаровая – 1,8; изопимаровая – 6,7) и компоненты неустановленного строения ( $X_1 - 0,3$ ,  $X_2 - 0,1$ ,  $X_3 - 1,4$ ).

Для приготовления растворов сосновой живицы использовали скипидар экстракционный (ОСТ 13-266-85) ( $d_4^{20} = 0,8560$  г/см<sup>3</sup>,  $n_D^{20} = 1,4673$ ,  $T_{\text{нач.кип}} = 157$  °С, К.ч. = 0,1 мг КОН/г) и скипидар сульфатный очищенный (ОСТ 13-115-81) ( $d_4^{20} = 0,8590$  г/см<sup>3</sup>,  $n_D^{20} = 1,4710$ ,  $T_{\text{нач.кип}} = 154$  °С, К.ч. = 0,3 мг КОН/г).

Расчетные количества сосновой живицы и скипидара загружали в двухгорлую колбу, снабженную мешалкой и обратным холодильником, помещали на водяную баню и нагревали до 80 °С. При работающей мешалке в течение 1 ч добивались полного растворения сосновой живицы. Полученный раствор осветляли 3 %-м раствором  $H_3PO_4$ , фильтрованием отделяли крупный сор. Далее скипидарный раствор живицы отстаивали, разделяли на делительной воронке, промывали водой, снова отстаивали и разделяли.

Групповой состав раствора сосновой живицы в скипидаре определяли по методике [14].

Синтез КТМС проводили в трехгорлой колбе, помещенной в песчаную баню. В колбу загружали расчетные количества раствора сосновой

живицы и малеинового ангидрида (количество малеинового ангидрида определяли по данным группового и химического состава раствора живицы). После загрузки реактора включали мешалку и электрообогрев. Температура процесса ( $190 \pm 5$ ) °С. Контроль осуществляли путем отбора проб реакционной смеси и определения в них содержания свободного малеинового ангидрида. Реакцию считали законченной, если доля малеинового ангидрида составляла не более 2 % мас. [4]. По окончании реакции, обратный холодильник заменяли на прямой и под вакуумом ( $p = 20$  мм рт. ст.) или перегретым острым паром отгоняли непрореагировавший скипидар и малеиновый ангидрид. Получаемый продукт КТМС – твердое стекловидное вещество от светло-желтого до коричневого цвета. Электроизоляционные свойства смолы определяли по методике [5].

Методом изотермической термогравиметрии [13] была изучена термостабильность КТМС. Для этого образцы КТМС (масса 0,5...1,3 г) нагревали при заданной температуре (180, 200 и 220 °С) в течение 4, 8 и 12 ч в атмосфере воздуха. На аналитических весах по разности исходной и остаточной масс определяли потерю массы продукта. На основании электроизоляционных свойств и термостабильности КТМС в качестве контрольных образцов были выбраны сосновая живичная канифоль (СЖК), терпеномалеиновая смола (ТМС) и канифольно-малеиновый аддукт (КМА).

#### *Результаты и их обсуждение*

Как видно из представленных в табл. 1 данных, при получении КТМС состав скипидарного раствора живицы варьировался в интервале от 30/70 до 70/30 % мас., а количество вводимого малеинового ангидрида, необходимого для связывания всех смоляных кислот абиетинового типа и терпеновых углеводов, – от 57,7 до 38,3 % мас.

Физико-химические свойства смол, полученных из растворов сосновой живицы в экстракционном скипидаре (серия 1), находятся на уровне свойств КТМС из растворов сосновой живицы в сульфатном скипидаре (серия 2).

Использование экстракционного или сульфатного скипидара в растворах живицы не оказывает какого-либо существенного влияния на изменения в свойствах КТМС.

При увеличении в реакционной смеси смоляной и уменьшении углеводородной части у образцов КТМС наблюдается повышение (для каждой серии опытов) температуры размягчения (66,8...75,8 °С, 67,0...76,5 °С) и вязкости (74,2...149,4 сСт, 75,9...156,0 сСт), что можно объяснить увеличением содержания в них малеопимаровой кислоты и уменьшением содержания аддуктов терпеновых углеводов (табл. 2).

Так, малеопимаровая кислота имеет более высокие температуру плавления и молекулярную массу ( $T_{пл} = 226$  °С, ММ = 400,25) по сравнению с аддуктами терпеновых углеводов ( $T_{пл} = 65$  °С, ММ = 234,10).

Для каждой серии опытов наблюдается незначительное понижение кислотных чисел при снижении массовой доли малеинового ангидрида в

## Физико-химические свойства КТМС

Продукт	Состав реакционной смеси, мас. %					Количество введенного малеинового ангидрида, мас. %	Физико-химические свойства продукта			
	групповой		химический				Температура размягчения, °С	Кислотное число, мг КОН/г	Вязкость, сСт	Выход, %
	Смоляные кислоты	Скипидар	Кислоты абиетинового типа	Кислоты, не реагирующие с малеиновым ангидридом	Терпеновые углеводороды					
ТМС	-	-	-	-	-	-	65,0	320,0	45,2	85,0
КМА	-	-	-	-	-	-	81,0	232,0	177,8	-
Сосновая живичная канифоль марки «А»	-	-	-	-	-	-	67,0	168,5	14,8	-
Растворы сосновой живицы в экстракционном скипидаре										
КТМС <sub>30/70</sub>	30	70	23,0	7,0	70,0	57,7	66,8	275,1	74,2	89,0
КТМС <sub>40/60</sub>	40	60	30,7	9,3	60,0	52,8	67,4	271,2	100,0	91,5
КТМС <sub>50/50</sub>	50	50	38,3	11,7	50,0	48,0	68,5	269,6	118,3	92,3
КТМС <sub>60/40</sub>	60	40	46,0	14,0	40,0	43,1	70,0	267,8	138,7	94,0
КТМС <sub>70/30</sub>	70	30	53,6	16,4	30,0	38,3	75,8	265,9	149,4	95,8
Растворы сосновой живицы в сульфатном скипидаре										
КТМС <sub>30/70</sub>	30	70	23,0	7,0	70,0	57,7	67,0	276,0	75,9	87,0
КТМС <sub>40/60</sub>	40	60	30,7	9,3	60,0	52,8	68,5	272,8	102,0	88,4
КТМС <sub>50/50</sub>	50	50	38,3	11,7	50,0	48,0	69,8	268,3	120,0	90,3
КТМС <sub>60/40</sub>	60	40	46,0	14,0	40,0	43,1	71,0	266,9	140,5	91,0
КТМС <sub>70/30</sub>	70	30	53,6	16,4	30,0	38,3	76,5	265,0	156,0	94,7



реакционной смеси. Это понижение можно объяснить увеличением содержания в КТМС массовой доли смоляных кислот (см. табл. 1, серии 1 и 2), которые препятствуют сильному понижению кислотного числа конечного продукта.

Выход КТМС для каждой серии опытов соответственно в среднем составляет 89,0...95,8 % и 87,0...94,7 %.

Как видно из данных табл. 1, КТМС обладают более высокими физико-химическими свойствами по сравнению с традиционным продуктом лесохимической промышленности – сосновой живичной канифолью, и занимают промежуточное положение между КМА и ТМС. Изменяя количественный состав компонентов исходной реакционной смеси, можно получить КТМС различного состава. Так, варьируя состав скипидарного раствора сосновой живицы от 30/70 до 70/30 мас. % и долю вводимого малеинового ангидрида от 57,7 до 38,3 мас. %, можно выделить КТМС, содержащие 20...52 мас. % малеопимаровой кислоты, 71,0...35,0 мас. % аддуктов терпеновых углеводородов, 7,0...10,6 мас. % смоляных кислот, 1,3...1,6 мас. % высококипящих неомыляемых веществ (табл. 2).

Полученные экспериментальные данные легли в основу разработки способа получения КТМС [3] с использованием экстракционного и сульфатного скипидаров.

ИК-спектры КТМС имеют характерные полосы поглощения в области 2950, 1860, 1780, 1690, 1465, 1390, 1280, 1230, 1085, 1010, 950, 925 и 858  $\text{см}^{-1}$ . Для КТМС<sub>70/30</sub> и КТМС<sub>60/40</sub> наиболее интенсивно выражены полосы поглощения в области 1860, 1780 и 1690  $\text{см}^{-1}$ . ИК-спектры КТМС, полученных с использованием экстракционного и сульфатного скипидара, идентичны. Как видно из данных табл. 2, электроизоляционные свойства КТМС, полученных с использованием экстракционного скипидара находятся в прямой зависимости от их состава. Наиболее низким удельным объемным

Таблица 2  
Электроизоляционные свойства и групповой состав исследуемых продуктов

Продукт	Удельное объемное электрическое сопротивление $\rho_v^{110} \cdot 10^{-12}$ , Ом·см	Состав, мас. %					
		Малеопимаровая кислота	Аддукт терпеновых углеводородов с малеиновым ангидридом	Смоляные кислоты	Жирные кислоты	Высококипящие неомыляемые вещества	Малеиновый ангидрид
ТМС	0,0045	-	97,0	-	-	2,5	0,5
КТМС <sub>30/70</sub>	0,0120	20,0	71,0	7,0	0,1	1,4	0,5
КТМС <sub>40/60</sub>	0,0200	28,0	61,9	8,0	0,1	1,5	0,5
КТМС <sub>50/50</sub>	0,0700	36,0	52,7	9,1	0,2	1,4	0,6
КТМС <sub>60/40</sub>	0,1500	44,0	44,0	9,7	0,3	1,3	0,7
КТМС <sub>70/30</sub>	0,3000	52,0	35,0	10,6	0,4	1,6	0,4
КМА	12,0000	72,0	-	24,2	0,9	2,1	0,8
СЖК	1,0000	-	-	93,0	1,0	6,0	-

электрическим сопротивлением  $\rho_V^{110}$  обладает смола ТМС ( $\rho_V^{110} = 0,0045 \cdot 10^{12}$  ом·см). По мере увеличения в КТМС<sub>30/70</sub> – КТМС<sub>70/30</sub> доли малеопимаровой кислоты от 20,0 до 52,0 мас. % и уменьшения аддуктов терпеновых углеводородов от 71,0 до 35,0 мас. % показатель  $\rho_V^{110}$  исследованных продуктов возрастает от  $0,0120 \cdot 10^{12}$  до  $0,3000 \cdot 10^{12}$  ом·см. Наиболее высоким  $\rho_V^{110}$  из исследуемых смол обладают КТМС<sub>60/40</sub> и КТМС<sub>70/30</sub>.

Как видно, аддукты терпеновых углеводородов понижают  $\rho_V^{110}$  смол, а малеопимаровая кислота их повышает. Так, наиболее высоким электрическим сопротивлением ( $\rho_V^{110} = 12,0000 \cdot 10^{12}$  ом·см) обладает КМА. Увеличение содержания смоляных кислот в исследуемых продуктах также приводит к увеличению  $\rho_V^{110}$  (СЖК обладает  $\rho_V^{110} = 1,0000 \cdot 10^{12}$  ом·см). Ввиду низкого содержания в исследуемых смолах жирных кислот, высококипящих неомыляемых веществ и малеинового ангидрида их влияние на  $\rho_V^{110}$  исследуемых смол не рассматривалось. Значения  $\rho_V^{110}$  для КТМС, полученных с использованием экстракционного и сульфатного скипидаров, практически одинаковы. Наиболее близкими по значениям  $\rho_V^{110}$  к СЖК являются КТМС<sub>60/40</sub> и КТМС<sub>70/30</sub>. В связи с этим они могут быть использованы в электроизоляционных композициях (в качестве диэлектрика) и для получения на их основе продуктов, обладающих более высокими диэлектрическими свойствами.

В табл. 3 приведены данные изотермической термогравиметрии КТМС, полученных из растворов сосновой живицы в экстракционном скипидаре. Как видно из таблицы, наибольшая потеря массы продукта при температурах 180, 200 и 220 °С наблюдается у образцов ТМС, а наименьшая – у КМА.

Для образцов КТМС наблюдается снижение потери массы продукта по мере увеличения содержания в них малеопимаровой кислоты и смоляных кислот, а также уменьшения содержания аддуктов терпеновых

Таблица 3

## Зависимость потери массы продуктов от условий нагревания

Продукт	Потеря массы, мас. %, при различных температуре, °С, и продолжительности, ч, нагрева								
	180			200			220		
	4	8	12	4	8	12	4	8	12
ТМС	10,5	15,7	16,6	18,8	26,7	27,8	26,6	35,1	39,9
КТМС <sub>30/70</sub>	9,0	13,0	14,0	15,3	24,3	26,9	23,4	30,0	33,0
КТМС <sub>40/60</sub>	8,1	9,0	11,0	14,2	19,8	20,0	19,0	27,8	29,6
КТМС <sub>50/50</sub>	7,0	8,9	9,7	11,8	16,0	18,0	12,9	22,5	23,4
КТМС <sub>60/40</sub>	5,7	6,4	7,0	9,4	10,8	12,7	11,3	19,4	18,1
КТМС <sub>70/30</sub>	2,3	4,8	6,8	6,2	8,5	10,9	10,0	15,8	17,0
КМА	1,4	1,6	1,9	3,7	4,1	4,4	6,1	6,7	8,0
СЖК	1,9	2,9	7,3	6,9	7,8	9,3	17,9	20,6	22,1

углеводородов (см. табл. 2 и 3). Так, у образца КТМС<sub>70/30</sub> потеря массы при температурах 180, 200 и 220 °С и времени нагревания 12 ч составляет соответственно 14,0; 26,9 и 33,0 мас. %, при этих же условиях для образцов КТМС<sub>70/30</sub> – 6,8; 10,9 и 17,0 мас. %.

При этом в КТМС<sub>70/30</sub> содержание малеопимаровой кислоты составляет 20 мас. %, аддуктов терпеновых углеводородов – 71,0 мас. %, смоляных кислот – 7,0 мас. % (см. табл. 2), в КТМС<sub>70/30</sub> – соответственно 52,0 и 10,6 мас. %.

Более высокая термостабильность КМА также объясняется ее групповым составом (содержание малеопимаровой кислоты – 72,0 мас. %, смоляных кислот – 24,2 мас. %).

Потеря массы у живичной канифоли при аналогичных условиях значительно ниже по сравнению с образцами ТМС, КТМС<sub>70/30</sub>, КТМС<sub>40/60</sub>, КТМС<sub>50/50</sub>, КТМС<sub>60/40</sub> и выше, чем у образцов КТМС<sub>70/30</sub> и КМА. Для всех образцов наибольшая потеря массы приходится на 8 ч нагревания (от 80 до 96 %), остальная – на 12 ч. Очевидно в данных условиях менее термостабильны аддукты терпеновых углеводородов. Устойчивы к нагреванию смоляные кислоты, наиболее устойчива малеопимаровая кислота.

В виду низкого содержания жирных кислот, высококипящих неомыляемых веществ и малеинового ангидрида в КТМС, их влияние на термостабильность исследуемых продуктов не учитывали.

Термостабильность КТМС, полученных из растворов сосновой живицы в сульфатном скипидаре, находится на уровне термостабильности КТМС, полученных с использованием экстракционного скипидара.

Экспериментальные данные хорошо согласуются с данными исследований по термостабильности КТМС [7] (из растворов сосновой живицы в живичном скипидаре).

Как показывают проведенные исследования, КТМС<sub>30/70</sub> можно использовать в реакциях, протекающих при температуре 180 °С, КТМС<sub>40/60</sub> и КТМС<sub>50/50</sub> – при 200 °С, КТМС<sub>60/40</sub> и КТМС<sub>70/30</sub> – при 220 °С.

Таким образом, предлагаемый способ получения КТМС открывает пути для более широкого использования экстракционного и сульфатного скипидаров и выделения новых продуктов на основе КТМС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А.с. 1745478 СССР, МКИ<sup>5</sup> В 23К 35/363. Флюс для низкотемпературной пайки / Р.Г. Шляшинский, А.Ю. Ключев, А.Я. Валендо, Д.И. Белый. - № 4808010/08; Заявл. 13.02.90; Оpubл. 07.07.92 // БИ. - 1992. - № 25. - С. 50 - 51. [2]. А.с. 1807051 СССР, МКИ<sup>5</sup> С 07D 209/48, С 23F 11/14. Способ получения антимицробной и антикоррозионной добавки для пропитки кабелей / Р.Г. Шляшинский, А.Е. Израилев, И.Б. Пешков и др. - № 4685332/04; Заявл. 25.04.89; Оpubл. 07. 04. 93 // БИ. - 1993. - № 13. - С. 84. [3]. А.с. 1810368 СССР, МКИ<sup>5</sup> С 09F 1/04. Способ получения канифолетерпеномалеиновой смолы / Ю.П. Ключев, А.Ю. Ключев, И.В. Антонович и др. - № 4854507/05; Заявл. 26.07.90, Оpubл. 23.04.93 // БИ. - 1993. - № 15. - С. 54. [4]. Бабаева С.Т., Миркин Л.А., Крылова Л.П. Методы анализа лакокрас-

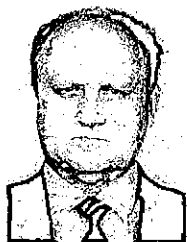
сочных материалов. - М.: 1993. - 468 с. [5]. ГОСТ 6581-75. Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний. [6]. Зандерман В. Природные смолы, скипидары, талловое масло. - М.: Лесн. пром-сть, 1964. - 574 с. [7]. Исследование устойчивости к термоокислительной деструкции канифолетерпено-малеиновых смол / А.Ю. Клюев, Р.Г. Шляшинский, А.А. Эрдман, Н.Р. Прокопчук // Журн. прикладной химии. - 1995. - Т. 68, вып.6. - С. 997 - 1001. [8]. Киповский А.Я., Степанова Г.А., Выродов В.А. Малеинотерпеновая смола на основе твердых полимеров терпенов // Гидролизн. и лесохим. пром-сть. - 1990. - № 5. - С.16 - 17. [9]. Ламоткин А.И., Проневич А.Н. Получение терпеномалеиновых смол из скипидаров и некоторых индивидуальных терпенов // Гидролизн. и лесохим. пром-сть. - 1989. - № 6. - С. 22 - 23. [10]. Пат. 672 РБ. Способ получения канифолетерпеномалеиновой смолы / Ю.П. Клюев, Р.Г. Шляшинский, А.Ю. Клюев, А.К. Страх, О.А. Новиков // БИ. - 1995. - № 2. - С. 207. [11]. Пат. 1104 РБ. Клей-расплав / Р.Г. Шляшинский, А.Е. Израилев, А.И.Титов, А.Ю.Клюев, и др. // БИ. - 1996. - № 1. - С. 60. [12]. Получение и исследование свойств канифолетерпеномалеиновых смол / А.Ю. Клюев, Р.Г. Шляшинский, А.А. Эрдман, Н.Р. Прокопчук // Тез. докл. Междунар. научно-практ. конф. «Лес-95». - Минск, 1995. - С.75. [13]. Уэндландт У. Термические методы анализа. - М.: Мир, 1978. - 526 с. [14]. Химико-технический контроль лесохимических производств / Л.В. Гордон, А.М. Чащин, Б.А. Радбиль и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 352 с.

Поступила 20 мая 1996 г.

УДК 630\*866/867:665.947.828.001.2

**А.Ю. КЛЮЕВ, Р.Г. ШЛЯШИНСКИЙ, А.А. ЭРДМАН, Н.Р. ПРОКОПЧУК**

Химико-технологический центр АН Белоруссии



Эрдман Арнольд Адольфович родился в 1936 г., окончил в 1958 г. Белорусский государственный университет, кандидат химических наук, директор Химико-технологического центра АН Белоруссии. Имеет более 80 научных публикаций в области химии свободных радикалов, металлоорганической химии, металлокомплексов.



Прокопчук Николай Романович родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Белорусский технологический институт, доктор химических наук, профессор кафедры технологии переработки полимерных материалов Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 130 научных публикаций в области термо- и механодеградации и стабилизации полимеров, прогнозирования долговечности резин, термопластов, композиционных материалов.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕКТРУКЦИИ ЭТИЛЕНГЛИКОЛИЕВЫХ ЭФИРОВ КАНИФОЛЕТЕРПЕНОМАЛЕИНОВЫХ СМОЛ

Исследована способность сохранения устойчивости к термоокислительной деструкции этиленгликолевых эфиров канифолетерпеномалеиновых смол на воздухе. Получены линейные корреляции между величинами, характеризующими начало процесса термоокислительной деструкции эфиров в зависимости от их вязкости и температуры размягчения.

The ability of ethyleneglycol esters of colophony-terpenomaleic resins has been investigated to preserve the oxidation destruction stability in the air. The linear correlations are obtained between the values characterizing the beginning of the process of oxidation destruction of esters depending on their viscosity and softening point.

Известно [1, 3], что канифоль и ее эфиры широко используются в термопластических композициях. Термопластичные композиции или клеи-расплавы (КР) применяются в различных отраслях промышленности для склейки бумаги, картона, пластмасс, металла и древесины. Ввиду того, что КР получают и эксплуатируют при температурах 150...250 °С, большое внимание уделяется изучению термостабильности канифоли и ее производных.

Ранее [3] были проведены исследования термостойкости канифоли и ее глицериновых эфиров в атмосфере воздуха методом термогравиметрии. Как показали исследования, термоокислительная деструкция канифоли начинается в интервале температур 200...220 °С, а ее эфира – при 260 °С.

В атмосфере воздуха смоляные кислоты канифоли (абиетиновая, палюстровая, левопимаровая, неоабиетиновая), имеющие сопряженные двойные связи, легко окисляются, а деструкция их носит термоокислительный характер. Для повышения термостабильности канифоль дополнительно модифицируют, гидрируют, диспропорционируют или полимеризуют. Получаемую модифицированную канифоль можно использовать в КР или для синтеза более термостабильных продуктов.

Так, термоокислительная деструкция глицериновых эфиров гидрированной, диспропорционированной и полимеризованной канифоли начинается при температуре 260...340 °С.

Предлагаемые процессы обработки канифоли требуют специального технологического оформления и высоких температур до 290 °С [6]. В поисках путей синтеза высокоэффективных терпеноидных смол были проведены исследования [5].

Получаемые из терпентина канифолетерпеномалеиновые смолы КТМС<sub>50/50</sub>, КТМС<sub>60/40</sub> и КТМС<sub>70/30</sub> по степени устойчивости к термоокислительной деструкции значительно превосходят терпеномалеиновые смолы

(ТМС) и находятся на уровне сосновой живичной канифоли (СЖК) [2]. Относительно высокая термостабильность КТМС и хорошее совмещение в расплавах с полимерными материалами позволяют использовать их в КР для склейки радиодеталей в отклоняющих системах телевизионных приемников [8].

Одним из путей, повышающих эксплуатационные свойства КР и расширяющих диапазон его применения, является дополнительная модификация КТМС многоатомными спиртами: этиленгликолем, диэтиленгликолем и глицерином.

Данная работа – продолжение исследований в области синтеза малеиновых смол и устойчивости к термоокислительной деструкции этиленгликолиевых эфиров КТМС (ЭЭКТМС).

Для проведения экспериментов использовали ТМС, канифольно-малеиновый аддукт (КМА), КТМС<sub>50/50</sub>, КТМС<sub>60/40</sub>, КТМС<sub>70/30</sub> и СЖК. Этиленгликолиевые эфиры (ЭЭ) получали обработкой смол при температуре 200...240 °С этиленгликолем с последующей отгонкой остатков этиленгликоля, реакционной воды и неомыляемых веществ под вакуумом. Количество вводимого этиленгликоля определяли составом используемой смолы. Контроль реакции проводили по изменению кислотного числа реакционной смеси. Если кислотное число оставалось постоянным в течении часа, реакцию прекращали. Температуру размягчения, вязкость и кислотное число определяли по методике, приведенной в работе [5].

Физико-химические свойства и состав исследованных продуктов представлены в табл. 1.

Для определения параметров термоокислительной деструкции полученных эфиров были использованы методы динамической и изотермической термогравиметрии (ТГ) [10].

Таблица 1

Свойства и состав исследованных продуктов

Продукт	Физико-химические свойства			Состав, мас. %				
	Температура размягчения, °С	Кислотное число, мг КОН/г	Вязкость, сСт (60 %-й раствор толуола)	Этиленгликолиевые эфиры			Свободные кислоты	Высококипящие неомыляемые вещества
				МПК	ТМС	СК		
ЭЭТМС	76,5	15,6	75,8	-	90,1	-	7,9	2,0
ЭЭКТМС <sub>50/50</sub>	80,0	18,7	191,4	35,0	45,0	4,0	14,2	1,8
ЭЭКТМС <sub>60/40</sub>	82,7	20,4	223,7	40,0	40,0	5,0	13,0	2,0
ЭЭКТМС <sub>70/30</sub>	85,8	19,7	257,3	45,0	35,0	6,0	13,0	1,0
ЭЭКМА	91,0	13,4	290,0	70,0	-	15,5	12,8	1,7
ЭЭСЖК	62,0	17,2	27,8	-	-	82,0	16,0	2,0

Примечание. Смолы КТМС<sub>50/50</sub>, КТМС<sub>60/40</sub> и КТМС<sub>70/30</sub> получали из терпентина, содержащего смоляные кислоты и скипидар в соотношении соответственно 50/50, 60/40 и 70/30 мас. %, обработкой малеиновым ангидридом при температуре 180...190 °С с последующей отгонкой непрореагировавшего скипидара.

В методе динамической ТГ для более точного определения температуры начала разложения продукта в дериватограммах наряду с кривой потери массы (ТГ) были использованы кривые скорости потери массы (ДТГ) и разности температур в исследуемом веществе и инертном эталоне (ДТА) [9]. Исследования проводили на дериватографе фирмы «МОМ» типа ОД-103 в режиме программированного нагрева образца. Образец массой 0,1 г нагревали в платиновом тигле на воздухе, скорость нагрева 5 °С/мин. Шкала весов – 100 мг, гальванометра ДТА – 1/3, гальванометра ДТГ – 1/10.

На воздухе потеря массы исследованными смолами начинается при относительно низкой температуре. Это связано с испарением воды и кипящих при температуре 200...220 °С неомыляемых веществ, которые химически не связаны с основными продуктами синтеза. Поэтому о термостойкости образцов судили по температуре начала деструкции:  $T_{д}^{ДТГ}$  и  $T_{д}^{ДТА}$ , а не по температурам 5 %-й и 10 %-й потери массы [9]. Для полной характеристики устойчивости смол к термоокислительной деструкции был использован метод изотермической ТГ. Согласно данным работы [4], длительное нагревание канифоли при 180...200 °С приводит к изменениям свойств смол, более значительным, чем при кратковременном нагревании, но при более высокой температуре. Ввиду того, что ЭЭКТМС планируется использовать в композициях КР, эксплуатируемых в течение длительного времени при 200...240 °С, проведены дополнительные исследования.

Для этого образцы эфиров КТМС (масса 0,5...1,3 г) нагревали при 200, 220 и 240 °С в течение 4, 8 и 12 ч в муфельной печи в атмосфере воздуха. В качестве образцов сравнения использовали эфиры ЭЭТМС, ЭЭКМА и ЭЭСЖК. Остаточную массу измеряли на аналитических весах. По разности исходной и остаточной масс определяли потерю массы продукта.

Как видно из данных табл. 1, физико-химические свойства полученных эфиров находятся в прямой зависимости от их состава. Так, например, по мере уменьшения содержания в них эфиров ТМС и увеличения содержания этиленгликолевых эфиров малеопимаровой кислоты (ЭЭМПК) и смоляных кислот (ЭЭСК) температура размягчения и вязкость возрастают.

Таблица 2

Характеристики термостойкости (°С) продуктов по данным динамической ТГ

Продукт	$T_{д}^{ДТГ}$	$T_{д}^{ДТА}$	$T_{д}^{ср}$	$T_{5\%}$	$T_{10\%}$	$E_{дв}$ кДж/моль
ЭЭТМС	230/172	210/174	220/173	275	305	70
ЭЭКТМС <sub>50/50</sub>	240/190	230/195	235/193	290	315	102
ЭЭКТМС <sub>60/40</sub>	246/193	234/202	240/198	285	320	105
ЭЭКТМС <sub>70/30</sub>	250/220	240/214	245/217	295	325	108
ЭЭКМА	270/230	250/220	260/220	320	350	125
ЭЭСЖК	250/220	230/215	240/218	296	324	110

Примечание. В знаменателе приведены показатели, соответствующие немодифицированным смолам.

Анализ данных табл. 2 показывает, что по всем критериальным параметрам ( $T_D^{ДТГ}$  – температура начала отклонения кривой дифференциальной термогравиметрии;  $T_D^{ДТА}$  – температура начала экзотермического эффекта на кривой ДТА, связанного с началом окисления;  $T_D^{ср}$  – температура деструкции по усредненным данным кривых ДТГ и ДТА;  $T_{5\%}$  и  $T_{10\%}$  – соответственно температура 5 и 10 %-й потери массы) устойчивость к термоокислительной деструкции возрастает в ряду эфиров ЭЭТМС – ЭЭКМА (табл. 2). Это можно объяснить уменьшением содержания эфиров ТМС и увеличением содержания эфиров ЭЭМПК и ЭЭСЖ в анализируемых смолах (см. табл. 1).

Как видно из данных табл. 2, ЭЭСЖК по аналогичным параметрам находится на уровне ЭЭКТМС<sub>60/40</sub> и ЭЭКТМС<sub>70/30</sub>.

Поскольку изменения  $T_{5\%}$  и  $T_{10\%}$  происходят с такой же закономерностью, как и  $T_D^{ср}$ , можно утверждать, что наличие примесей (этиленгликоля и высококипящих терпеновых углеводородов) незначительно и примерно одинаково для всех исследованных смол.

Рассчитанная по данным динамической ТГ методом Бройдо [12] энергия активации  $E_D$  термоокислительной деструкции эфиров возрастает от 70 до 125 кДж/моль с той же закономерностью.

Как видно из данных табл. 2, обработка смол этиленгликолем повышает их устойчивость к термоокислительной деструкции. Так, абсолютные значения  $T_D^{ср}$  для эфиров в среднем на 40 °С выше по сравнению со значениями  $T_D^{ср}$  для исходных смол.

Как видно из данных изотермической ТГ (табл. 3), наибольшая потеря массы  $\Delta m$  при температуре 200, 220 и 240 °С наблюдается у образцов ЭЭТМС, а наименьшая – образцов ЭЭКМА. Потеря массы образцов составила (мас. %): ЭЭТМС – 2,4...4,4; 3,7...7,4 и 7,3...12,8; ЭЭСЖК – 1,7...3,0; 2,6...5,6 и 5,5...7,0; ЭЭКМА – 0,2...0,9; 0,8...1,5 и 1,4...3,6 соответственно.

Таблица 3

Зависимость потери массы продуктов от условий нагревания

Продукт	Потеря массы, мас. %, при различных температуре, °С, и продолжительности, ч, нагрева								
	180			200			220		
	4	8	12	4	8	12	4	8	12
ЭЭТМС	2,4	3,5	4,4	3,7	6,2	7,4*	7,3*	10,5*	12,8*
ЭЭКТМС <sub>50/50</sub>	2,1	3,1	3,7	2,7	5,8	6,3	6,1*	8,5*	9,5*
ЭЭКТМС <sub>60/40</sub>	1,8	2,8	3,2	2,5	5,0	5,3	5,0	7,5	7,8
ЭЭКТМС <sub>70/30</sub>	1,5	2,2	2,8	2,1	4,1	4,9	4,6	5,7	6,2
ЭЭКМА	0,2	0,4	0,9	0,8	1,2	1,5	1,4	2,9	3,6
ЭЭСЖК	1,7	2,4	3,0	2,6	3,9	5,6	5,5	6,1	7,0

\*Происходит образование неплавкой смолы (процесс термоотверждения).



Для образцов ЭЭКТМС наблюдалось снижение  $\Delta m$  по мере увеличения содержания в них ЭЭМПК и ЭЭСК и уменьшения содержания ЭЭТМС. Так, у образцов ЭЭКТМС<sub>50/50</sub>  $\Delta m$  (температура 200, 220 и 240 °С, продолжительность нагрева 12 ч) соответственно равна (мас. %) 3,7; 6,3 и 9,5, у образцов ЭЭКТМС<sub>70/30</sub> при тех же условиях – 2,8; 4,9 и 6,2.

При этом для ЭЭКТМС<sub>50/50</sub> содержание ЭЭМПК составило 35,0; ЭЭТМС – 45,0; ЭЭСК – 45,0 мас. %; для ЭЭКТМС<sub>70/30</sub> – соответственно 45,0; 35,0; 6,0 мас. % (табл.1).

Более высокая термостабильность ЭЭКМА объясняется и его составом (в нем ЭЭМПК – 70,0; ЭЭСК – 15,5 мас. %).

Как видно из данных табл. 3,  $\Delta m$  у ЭЭСЖК в тех же условиях (температура 200, 220 и 240 °С, время нагрева 12 ч) составила соответственно 3,0; 5,6 и 7,0 мас. %, что значительно ниже, чем у образцов ЭЭТМС и ЭЭКТМС<sub>50/50</sub>, на уровне ЭЭКТМС<sub>60/40</sub> и ЭЭКТМС<sub>70/30</sub> и выше, чем у ЭЭКМА. Для всех исследованных образцов наибольшая потеря массы (70...80 %) приходится на первые 8 ч нагревания.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что в условиях изотермического нагревания в первую очередь подвергаются процессу термоокислительного разложения ЭЭТМС. Относительно устойчивыми к нагреванию оказались ЭЭСК, наиболее устойчивыми – ЭЭМПК, что подтверждается данными табл. 2. Таким образом, в ходе эксперимента выявлены общие закономерности устойчивости ЭЭ малеиновых смол к термоокислительной деструкции по данным динамической и изотермической ТГ. Ввиду низкого содержания жирных кислот в КТМС (0,1...0,4 мас. %), влияние их ЭЭ на термостойкость исследованных продуктов не учитывали. Все исследуемые ЭЭ по степени устойчивости к термоокислительной деструкции можно расположить в ряд в порядке убывания: ЭЭКМА > ЭЭКТМС<sub>70/30</sub> > ЭЭКТМС<sub>60/40</sub> > ЭЭКТМС<sub>50/50</sub> > ЭЭТМС.

Представляло интерес сопоставить полученные данные по устойчивости ЭЭ малеиновых смол к термоокислительной деструкции с такими физическими параметрами эфиров, как температура размягчения  $T_p$  и вязкость  $\nu^{20}$ . Результаты такого сопоставления представлены на рисунке.

Как видно из рисунка, наблюдается хорошая линейная корреляция между  $T_D^{cp}$  и  $T_p$ ,  $\Delta m$  и  $T_p$ ,  $T_D^{cp}$  и  $\nu^{20}$ ,  $\Delta m$  и  $\nu^{20}$ . Наличие линейной зависимости между указанными величинами, характеризующими начало химических процессов разложения в смолах, и их физическими параметрами можно объяснить следующим. Для начала процесса термоокислительной деструкции эфиров необходим определенный уровень подвижности молекул, содержащих некоторые функциональные группы ( $-\text{COOH}$ ,  $\text{>C}_2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_3$ ,  $-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-$ ), обеспечивающий возможность их контакта с кислородом воздуха. Поэтому с увеличением  $T_p$  и  $\nu^{20}$ , связанных с энергией межмолекулярных взаимодействий в смолах, а следовательно, и с подвиж-

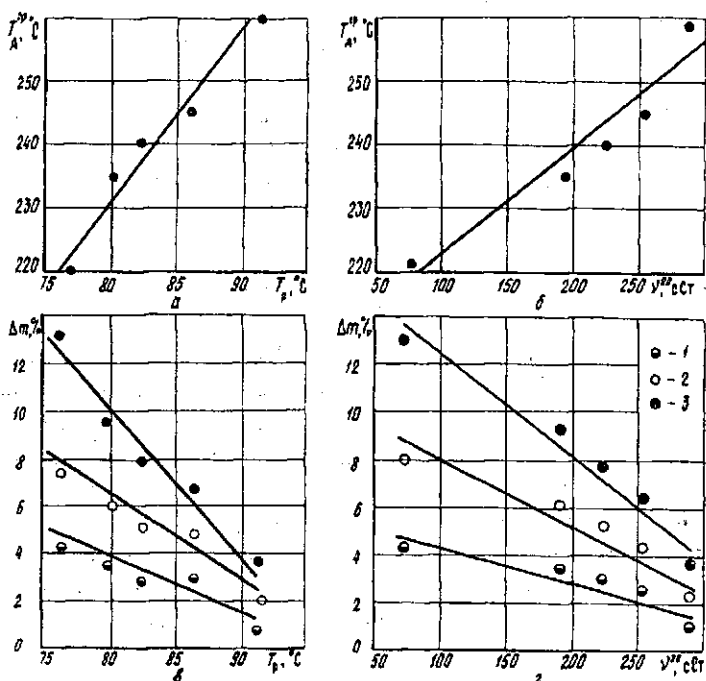


Рис. 1. Зависимость температуры термоокислительной деструкции  $T_d^{\text{CP}}$  (а, б) и потери массы  $\Delta m$  (в, г) ЭЭКТМС от температуры размягчения  $T_p$  (а, в) и вязкости  $v^{20}$  (б, г) в процессе изотермической ТГ при различной температуре нагрева: 1–200, 2–220, 3–240 °С

ностью молекул в них, значения  $T_d^{\text{CP}}$  возрастают, а  $\Delta m$  – закономерно уменьшаются.

Кроме того, с возрастанием  $v^{20}$  способность кислорода воздушной среды диффундировать к химическим активным группам снижается. По этой причине с ростом вязкости эфира устойчивость к термоокислительной деструкции также возрастает.

Полученные линейные корреляции (см. рисунок) хорошо согласуются с ростом активационного барьера  $E_d$  реакции термоокислительного разложения эфиров в зависимости от их  $v^{20}$  и  $T_p$  (см. табл. 1, 2), что соответствует современным представлениям о связи кинетики процессов термоокислительной деструкции с физическим состоянием среды [11].

Полученные экспериментальные данные позволяют выдать практические рекомендации по применению ЭЭКТМС. Вследствие более низкой устойчивости к нагреванию ЭЭКТМС<sub>50/50</sub> целесообразно использовать в термопластичных композициях, получаемых и эксплуатируемых при температуре 200...220 °С. Эфиры ЭЭКТМС<sub>60/40</sub> и ЭЭКТМС<sub>70/30</sub> более термоустойчивы, поэтому их лучше применять в термопластичных композициях, работающих при 220...240 °С.

Таким образом, как показывают проведенные исследования, обработка КТМС с целью получить этиленгликолиевые эфиры значительно улучшает потребительские свойства смол. Устойчивость к термоокислительной деструкции находится в прямой зависимости от их состава. Благодаря высокой термостабильности ЭЭКТМС могут быть использованы в термопластичных композициях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А.с. 979480 СССР, МКИ<sup>3</sup> С 09F 1. Клей-расплав / Е.М. Беркман, Г.Л. Славина, А.Г. Синайский, Г.В. Бронникова (СССР). - № 3946100; Заявл. 21.01.79; Опубл. 30.12.80, Бюл. № 3 // БИ. - 1981. - № 3. - С. 40. [2]. А.С. 1810368 СССР, МКИ<sup>5</sup> С 09F 1/04. Способ получения канифолетерпеномалеиновой смолы / Ю.П. Клюев, А.Ю. Клюев, И.В. Антонович и др. - № 4854507/05; Заявл. 26.07.90; Опубл. 23.04.93, Бюл. № 15 // БИ. - 1993. - № 15. - С. 54. [3]. Бронникова Г.В. Клей-расплавы и канифольные смолы для их производства // Гидролизн. и лесохим. пром-сть. - 1979. - № 8. - С.6. [4]. Бронникова Г.В., Падерина Г.К., Коленина В.В. Исследование термостойкости эфиров канифоли // Гидролизн. и лесохим. пром-сть. - 1983. - № 5. - С. 15 - 16. [5]. Вершук В.И., Гурич Н.А. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. - М.: Гослесбумиздат, 1960. - 190 с. [6]. Зандерман В. Природные смолы, скипидары, талловые масла. - М.: Лесн. пром-сть, 1964. - 574 с. [7]. Пат. 672 РБ. Способ получения канифолетерпеномалеиновой смолы / Ю. П. Клюев, Р.Г. Шляшинский, А.Ю. Клюев и др. // БИ. - 1995. - № 2. - С. 70. [8]. Пат. 721 РБ. Клей-расплав / Р.Г. Шляшинский, А.Е. Израилев, А.И. Титов, А.Ю. Клюев, С.С. Пуят // БИ. - 1996. - № 1. - С. 60. [9]. Прокопчук Н.Р. Исследование термостойкости полимеров методом дериватографии // Вести АН Беларуси. Сер. хим. наук. - 1984. - № 4. - С.119 - 121. [10]. Уэндландт У. Термические методы анализа. - М.: Мир, 1978. - 526 с. [11]. Эмануэль Н.М., Бучаченко А.Л. Химическая физика старения и стабилизации полимеров. - М.: Наука, 1982. - 360 с. [12]. Broido A., Semple A. The grafically method of treating termografical analisis dates // J.Polym. Sci. - 1969. - Part A, vol. 7, N 10. - P. 1761 - 1772.

---

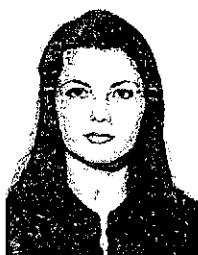
Поступила 20 июня 1996 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*79:338.242.4:334.756

*А.А. ШТИНЕВА, А.В. ПЛАСТИНИН*

Архангельский государственный технический университет



Штинсва Анастасия Александровна родилась в 1972 г., окончила в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры менеджмента Института экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета.



Пластинин Александр Викторович родился в 1947 г., окончил в 1969 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента Института экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета. Имеет около 60 печатных работ в области экономики лесного комплекса.

**ХОЛДИНГИ КАК НОВАЯ ФОРМА УПРАВЛЕНИЯ  
ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

Проанализирована экономическая ситуация в лесном комплексе Архангельской области. Рассмотрена модель холдинговой компании как новой структуры управления лесными предприятиями в условиях рыночной экономики; показан процесс возникновения эффекта синергии.

The economic situation in the forest complex of the Arkhangelsk Region has been analysed. The model of holding company has been viewed as the new structure of managing of forest industry enterprises in the market economy conditions. The process of synergy effect creation is shown.

Одним из основных направлений экономического реформирования в последние 6-7 лет является переориентация от народнохозяйственного подхода в управлении предприятиями отрасли к частному. По итогам приватизации в государственной собственности России осталось всего 5 % лесопромышленных предприятий, 30 % относятся к смешанной форме собственности, остальные 65 % являются частными [2]. Это выразилось в создании огромного количества акционерных обществ, руководствующихся в своей деятельности только принципом максимизации своей прибыли. Фактически же большинство их оказались убыточными. Поэтому важно найти эффективные формы интеграции предприятий, в рамках которой возможно и самофинансирование, и самоинвестирование.

Лесной комплекс Архангельской области за последние 6-7 лет фактически полностью выведен из управления государством и вследствие массового акционирования в 1992 - 1993 гг. сейчас представлен большим количеством независимых приватизированных предприятий. На наш взгляд, шаг в рыночную экономику был сделан слишком резко.

Из-за разрушения существовавших при плановой экономике управленческих структур и хозяйственных связей технологические цепочки между предприятиями были разорваны, производители лесобумажной продукции потеряли значительную часть внутреннего рынка. Обострилась проблема лесовосстановления, снизился уровень платежей в лесной доход. Нет желающих вкладывать средства в воспроизводство лесных ресурсов.

Частично проблему координации решают холдинги, но в полном объеме этим вопросом не занимается никто. Сколько нужно древесного сырья, чтобы загрузить существующие мощности деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, позволяют ли запасы лесных ресурсов организовывать новые предприятия в лесной отрасли, кто будет финансировать воспроизводство лесов? Все эти проблемы требуют неотложного решения. Логично, если ими будет заниматься Департамент лесной промышленности. Но сейчас актуальными становятся и работы, выполняемые по частной инициативе.

В рамках научных исследований, проводимых в Институте экономики, финансов и бизнеса АГТУ, мы попытались оценить баланс древесного сырья в лесном комплексе на ближайшую перспективу, основываясь на фактических данных, предоставленных Департаментом лесной промышленности Архангельской области [1].

В 1997 г. лесопромышленный комплекс Архангельской области включал в себя 149 предприятий (в том числе 91 лесозаготовительное, 25 лесопильно-деревообрабатывающих, 5 мебельных, 3 целлюлозно-бумажных комбината). Объемные показатели по выпуску основных видов продукции в 1990 - 1996 гг. представлены в таблице.

Показатель	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Вывозка древесины, млн м <sup>3</sup>	19,57	16,44	15,63	11,89	9,34	9,01	8,00
Деловая древесина, млн м <sup>3</sup>	19,40	15,61	13,91	11,42	8,12	7,99	7,23
Пиломатериалы, млн м <sup>3</sup>	4,31	3,69	3,02	2,67	2,29	1,74	1,53
Целлюлоза по варке, млн т	2,15	...	...	...	1,21	1,34	1,02

Как видим, за 1990 – 1996 гг. объемы производства по всем основным продуктам сократились более чем в 2 раза. Ежегодное падение производства более чем на 15 % характеризует положение лесопромышленного комплекса как критическое.

Оно вызвано неконтролируемым ростом цен на энергетические ресурсы и транспортные тарифы, неплатежеспособностью потребителей, недостатком собственных оборотных средств, чрезмерно жесткой налоговой и таможенной политикой, тормозящей развитие производства.

В то же время существует и ряд причин, характерных только для лесопромышленного комплекса. Без создания межсезонных запасов древесины и товарно-материальных ресурсов невозможна стабильная работа лесозаготовительных предприятий в течение года. Если раньше эти проблемы решали государственные структуры, то теперь предприятия оставлены один на один со своими проблемами. Кредиты коммерческих банков не только не разрешают эту проблему, но и усугубляют и без того тяжелое финансовое положение предприятий.

Расчетная лесосека на 1996 г. составляла 21,3 млн м<sup>3</sup>. Хотя она и не является лесосекой неистощительного пользования, но значительно ближе к ней, чем ранее действовавшие (в 1981 г. – 28,8 млн м<sup>3</sup>, когда в главное лесопользование были включены даже притундровые леса, в 1991 г. – 23,9 млн м<sup>3</sup>).

Поскольку лесной комплекс в настоящее время все еще находится в кризисном состоянии, расчетная лесосека используется на уровне 40 %. Соответственно и объемы производства по важнейшим видам лесопромышленной продукции далеки от производственных мощностей по переработке древесины в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. В частности, производственные мощности по производству пиломатериалов загружены на 41, по целлюлозе – на 46 %.

Если объемы производства лесопромышленной продукции возрастут до уровня среднегодовых производственных мощностей (3770 тыс. м<sup>3</sup> пиломатериалов и 2200 тыс. т целлюлозы), то исходя из потребности в сырье 2 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> для пиломатериалов и 5 м<sup>3</sup> на 1 т для целлюлозы, потребуется примерно 16 млн м<sup>3</sup> древесного сырья с учетом того, что всю технологическую щепу (2260 тыс. м<sup>3</sup>) предприятия деревообрабатывающей промышленности поставят целлюлозно-бумажным комбинатам.

Производственные мощности лесозаготовительных предприятий области составляют 14 млн м<sup>3</sup>, а заготавливают 8 млн м<sup>3</sup>, что обусловлено

крайне тяжелым экономическим положением большинства леспромхозов области.

Запасы леса в регионе достаточны для работы лесопромышленного комплекса даже в режиме полной загрузки производственных мощностей. Другое дело, что использовать эти сырьевые ресурсы надо с умом, во многом перенимая ценный опыт рационального лесопользования наших северных соседей Швеции и Финляндии. К примеру, необходимо как можно шире применять рубки ухода и выборочные рубки при заготовке древесины, постепенно снижая долю сплошных (последние на сегодняшний момент превышают 90 %); полнее использовать отходы при заготовке и переработке древесины; применять более прогрессивное оборудование и технологию.

Но для этого необходимо обеспечить приток инвестиций в лесной комплекс региона. Инвесторы же более охотно вкладывают деньги в перерабатывающие предприятия с закрепленной сырьевой базой, а это как раз холдинговые компании и другие формы организации корпоративного типа. В лесном комплексе это целлюлозно-бумажные и деревообрабатывающие комбинаты с леспромхозами, обеспечивающими их сырьем. Более того, 35 % продукции деревообработки выступает как сырье для целлюлозно-бумажной промышленности (технологическая щепка).

Таким образом, технологическая цепочка – это первая предпосылка создания холдинговой структуры. На рис. 1 представлена схема холдинговой компании, включающая три крупных леспромхоза, лесопильно-деревообрабатывающий и целлюлозно-бумажный комбинаты.

Данная схема показывает, что в настоящее время три крупных леспромхоза могут обеспечить сырьем ЛДК с объемом производства пиломатериалов 145 тыс. м<sup>3</sup> (из расчета 2 м<sup>3</sup> пиловочника на 1 м<sup>3</sup> пиломатериалов) и ЦБК с объемом производства целлюлозы 100 тыс. т (из расчета 5 м<sup>3</sup> балансов или технологической щепки на 1 т целлюлозы).

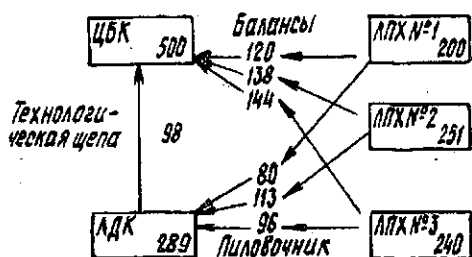


Рис. 1. Схема движения потоков сырья в холдинге, тыс. м<sup>3</sup>

Внутрифирменное планирование в рамках холдинговой компании позволяет распределять некоторые виды издержек между подконтрольными хозяйственными субъектами, сокращая облагаемую налогом прибыль. В целях снижения НДС широко применяется практика отчислений от продаж конечной продукции при поставке комплектующих на основе договоров о промышленной кооперации.

Другой предпосылкой объединения лесопромышленных предприятий является диверсификация деятельности в холдинговых компаниях, в частности путем выпуска продукции и деревообработки, и ЦБП. Диверсификация снижает систематические отраслевые риски, присущие и дерево-

обрабатывающей, и целлюлозно-бумажной отраслям. Колебания цен на продукцию наглядно демонстрируют нестабильность получения доходов от реализации разных видов лесопродукции. Статистическим показателем, адекватнее всего характеризующим колебания доходов, является среднее квадратичное (или стандартное) отклонение.

Проанализировав динамику цен пиломатериалов и целлюлозы по данным Ассоциации финской лесной промышленности за 9 лет (1989 – 1997), можно сделать вывод, что колебания в ценах на экспортные пиломатериалы и целлюлозу имеют большей частью асинхронный характер (рис.2).

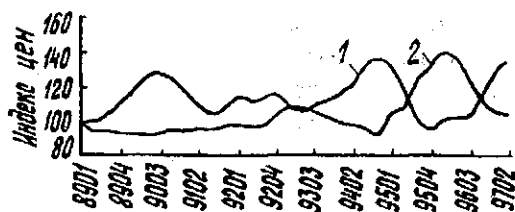


Рис. 2. Индексы цен на лесопродукцию по кварталам 1989 – 1997 гг.: 1 – пиломатериалы еловые; 2 – целлюлоза небеленая. Индекс 1-го квартала 1989 г. принят за 100 %

Стандартное отклонение по суммарной выручке от реализации пиломатериалов и целлюлозы при постоянном объеме производства (соответствующем объемам, предложенным в модели холдинга) меньше суммы стандартных отклонений по пиломатериалам и целлюлозе почти на 1/3. Если стандартное отклонение по выручке от реализации пиломатериалов составляет 3,4, целлюлозы – 9,2 млн финских марок, то стандартное отклонение по суммарной выручке от реализации всей продукции – 8,7 млн финских марок.

Расширив ассортимент выпускаемой продукции, освоив (или возобновив) производство, например фанеры, древесноволокнистых, древесностружечных плит, плит с ориентированной стружкой OSB, плит MDF или конструктивных изделий для строительства, можно еще больше снизить систематические отраслевые риски. Всё вместе – снижение затрат в рамках замкнутого технологического цикла, получение стабильной прибыли за счет диверсификации деятельности и экономия налоговых платежей – дает эффект синергии, когда результат от скоординированной совместной деятельности значительно превышает доходы, которые участники объединения получали по отдельности.

Мировой опыт свидетельствует: все крупнейшие компании лесной отрасли (например ENSO-OY, UPM-Kymmene) функционируют в форме холдингов, объединяющих пакеты акций сотен предприятий, занимающихся выпуском всех видов лесобумажной продукции.

Поэтому повышение уровня управляемости лесным комплексом предусматривается на основе создания в регионах крупных новых хозяйствующих субъектов, способных эффективно работать на принципах полной самокупаемости и самофинансирования. Наиболее подходящей



формой интеграции лесопромышленных предприятий в условиях рыночной экономики являются холдинговые компании.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кологреев С.Ф. Потоки лесных грузов из Архангельской области: Матер. Междунар. конф. по лесоматериалам в октябре 1997г. в Архангельске. - Архангельск, 1997. - 9 с. [2]. Тацюн М.В. Об основных направлениях стабилизации работы ЛПК// Лесн. пром-сть. - 1997. - № 1. - С. 2 - 7.

---

Поступила 20 марта 1998 г.

## КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 620.179

В.Д. ДЕНИСЛАМОВ, А.А. БАСОВ, В.В. ШИПИЛОВ

Уральская государственная лесотехническая академия



Денисламов Валерий Дмитриевич родился в 1945 г., окончил в 1969 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 30 научных работ в области автоматки, телемеханики, микропроцессорной техники, интегральной схемотехники.



Басов Андрей Александрович родился в 1973 г., студент V курса факультета механической технологии древесины Уральской государственной лесотехнической академии.



Шипилов Валерий Викторович родился в 1974 г., студент V курса факультета механической технологии древесины Уральской государственной лесотехнической академии.

### МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изложен принцип действия разработанной в лаборатории неразрушающего контроля Уральской государственной лесотехнической академии системы контроля за качеством древесных композиционных материалов, который основан на обработке семейств локальных импульсных характеристик с применением методов цифровой фильтрации и дискриминантного анализа.

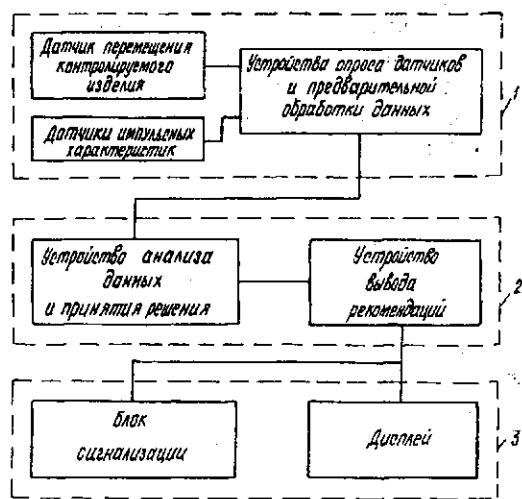
The operation principle of the quality monitoring system of the wood compositional materials, elaborated at the nondestructive control laboratory of the Ural State Forest Technical Academy, is presented. It is based on processing the local impulse performance characteristics using digital filtration methods and discriminant analysis.

Для высокопроизводительного рентабельного конкурентоспособного производства важное значение имеет обеспечение качественных показателей выпускаемой продукции. В полной мере это положение относится и к производству древесных композиционных материалов. Нестабильность параметров исходного сырья и работы оборудования, как правило, приводит к неоднородности показателей физико-механических свойств широко распространенных древесных плитных материалов – древесностружечных плит и фанеры.

Чем ниже стабильность регламентированных стандартом прочностных свойств плит, тем выше риск их дальнейшего использования. Определение параметров, характеризующих эксплуатационные свойства таких композиционных материалов, требует больших затрат времени и отличается относительной сложностью. При традиционном измерении параметров происходит разрушение плит, что практически неприемлемо в процессе оперативного контроля состояния оборудования, поддержания оптимальных режимов процесса и выпуска продукции гарантированного качества.

Методы косвенной оценки прочностных характеристик древесных композиционных материалов [1, 2, 3] обладают некоторыми недостатками, препятствующими их внедрению в производство. К таким недостаткам относятся сложность обеспечения надежного контакта с объектом контроля, низкая информативность и невысокая достоверность результатов измерения. Для методов, основанных на использовании проникающей радиации, первый из перечисленных недостатков не характерен. Сдерживающий фактор для применения проникающей радиации – ее опасность для обслуживающего персонала. Сравнительно низкая информативность этого метода обусловлена тем, что сам объект контроля обладает высокой стохастичностью, многомерностью пространства состояний прочностных параметров и большим числом факторов, влияющих на значения этих параметров.

В лаборатории неразрушающего контроля Уральской государственной лесотехнической академии разработана система, основанная на обработке импульсных характеристик динамических объектов. Особенностью такой системы является то, что размерность снимаемого с объекта вектора данных автоматически изменяется с изменением размерности параметрического пространства состояния объекта. Кроме того, информацию снимают без непосредственного жесткого контакта с объектом контроля (при помощи акустических колебаний), а применение локальных свободных колебаний для получения импульсных характеристик позволяет получать удовлетворительную разрешающую способность.



Блок-схема системы контроля прочностных характеристик древесных композиционных материалов

Блок-схема системы представлена на рисунке. Разработанная система состоит из трех основных частей: обзорного блока (1); аналитического блока (2) и устройства общения с оператором (3). Принцип действия предлагаемой системы следующий. В процессе перемещения готового изделия обзорный блок с помощью датчика перемещения и устройства управления опросом через посредство мультиплексора, аналого-цифрового преобразователя и секвенсора последовательно считывает локальные импульсные характеристики элементарных участков контролируемого объекта.

Остронастроенный цифровой режекторный фильтр предварительно фильтрует данные о динамических свойствах каждого элементарного участка изделия и передает их в виде семейства амплитудно-частотных характеристик в аналитический блок. В аналитическом блоке по значениям собственных частот, соответствующих декрементам колебаний и их сочетаниям на основе алгоритмов дискриминантного анализа, оцениваются прочностные характеристики, однородность по толщине и координаты элементарных участков контролируемого изделия. На экране дисплея отображается поверхность контролируемого изделия с топографией распределения значений контролируемых параметров и выявленных отклонений. При обнаружении дефектов, недопустимых по размерам или их значениям, аналитический блок выдает на блок сигнализации информацию о характере дефекта, возможные причины его появления и рекомендации по их устранению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А.с. № 1677596 СССР, МКИ G 01N 19/08. Способ определения дефектности древесных плит / В.Н. Кулижников, Н.Н. Хорсов, В.Л. Богданов. - № 4621356/28; Заявлено 19.12.88; Опубл. 15.09.91, Бюл. № 34 // Открытия. Изобретения. - 1991. - № 34. [2]. Голубов И. А. Методы неразрушающего контроля древесных плит. - М.: Лесн.пром-сть, 1982. - 152 с. [3]. Ковальчук Л.М., Гурин О.В. Оценка качества древесностружечных плит методом акустической эмиссии // Дефектоскопия. - 1992. - №4. - С. 90 - 92.

Поступила 5 апреля 1996 г.

## ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 06.091

**ПОЗНАВАЯ КАРЕЛЬСКИЕ ЛЕСА  
(к 40-летию Института леса  
Карельского научного центра РАН)**

Выдающийся русский лесовод Г.Ф. Морозов еще в начале нынешнего столетия определил лес как явление географическое. Следовательно, в разных географических условиях приемы ведения лесного хозяйства должны различаться. С учетом этого в России была создана сеть лесных научно-исследовательских учреждений. Одним из звеньев этой сети является Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук.

Исследования лесов Карелии имеют почти 70-летнюю историю. Первоначально они носили экспедиционный характер. Наиболее известны экспедиции под руководством С.П. Ускова (1927–1929 гг.) и М.Е. Ткаченко (1948–1949 гг.). В 1930 г. был создан комплексный Карельский научно-исследовательский институт с лесной секцией в его составе. Эту секцию возглавил Н.О. Соколов, который в те же годы впервые выделил форму березы бородавчатой, широко известную ныне как береза карельская. В 1948 г. в составе Карело-Финской научно-исследовательской базы АН СССР образован Отдел леса с группами лесоводов, геоботаников и лесопатологов. У истоков карельской школы лесоводов стоял заслуженный деятель науки РСФСР, проф. Н.А. Декатов, 100-летие со дня рождения которого отмечалось в 1996 г.

Качественно новый этап в развитии лесобиологической науки в Карелии начался с 1957 г., когда в соответствии с постановлением Президиума АН СССР Отдел леса был преобразован в Институт леса уже Карельского филиала АН СССР. В то время в состав института входили секторы лесоведения (с группами лесоведения, климатологии, лесной гидрологии), лесоводства (с группой лесных культур), лесопатологии (с группами энтомологии, фитопатологии и гербицидов), лесного почвоведения, болотоведения и лесной мелиорации, микробиологии лесных почв, лесной геоботаники, лаборатория лесохимии и заповедник «Кивач», в которых работали 52 человека, в том числе 24 научных сотрудника.

Организатором института и его первым директором (и. о.) был канд. геолого-минералогических наук Л.Я. Лепин. В 1958–1962 гг. институтом руководил канд. биологических наук Н.О. Соколов. Более 20 лет (с 1963 г. по 1986 г.) бессменным директором института был заслуженный деятель науки Карельской АССР, канд. сельскохозяйственных наук В.И. Ермаков. В 1986 г. Институт леса возглавил заслуженный лесовод Карельской АССР, д-р сельскохозяйственных наук С.С. Зябченко, преждевременно ушедший из жизни в 1994 г.

В 40-летней истории деятельности Института леса выделяются три периода. С 1957 г. по 1963 г. проведены широкие флористические, фитоценотические и типологические исследования, носившие в основном инвентаризационный характер. По их результатам опубликованы монография «Типы лесов Карелии и их природное районирование» (Ф.С. Яковлев, В.С. Воронова, 1959), «Определитель высших растений Карельской АССР» (М.Л. Раменская, 1960), брошюры «Методы определения годности еловых шишек, поврежденных насекомыми и грибами» (В.Я. Шиперович, Б.П. Яковлев, 1960), «Вредители шишек и семян ели» (Б.П. Яковлев, 1961), не утратившие научной и практической значимости до настоящего времени, и др. Разработаны мероприятия по защите лесоматериалов хвойных пород от вторичных вредителей, которые вошли в «Санитарные правила в лесах СССР» (1970). Институт участвовал в составлении почвенной карты Карелии.

В эти годы были выполнены эксперименты в целях разработки региональных рекомендаций по всем вопросам ведения лесного хозяйства в республике. С первых лет существования института уделялось внимание вопросам охраны природы. В 1959 г. подготовлено обоснование для отнесения лесов Валаамского архипелага к категории особо ценных, в 1965 г. создан Валаамский природный заказник, а в 1979 г. Валаам получил статус историко-архитектурного и природного музея-заповедника. С 1959 г. институт проводит комплексные исследования водоохранной роли лесов Карелии, накапливает сведения о редких и уникальных природных объектах на территории республики.

В период с 1963 г. по 1967 г. в связи с реорганизацией Карельского филиала АН СССР институт несколько раз изменял свою ведомственную подчиненность и название. С 1963 г. по 1966 г. он находился в ведении Госкомитета по лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности и лесному хозяйству при Госплане СССР и входил в состав Карельского научно-исследовательского института лесной промышленности и лесного хозяйства (КарНИИЛПХ). В 1966 г. лесобиологическое направление было выделено в самостоятельный институт – Карельский институт леса Гослесхоза СССР.

Организационные перестройки не оказали заметного отрицательного влияния на развитие и направленность лесобиологических исследований. Наряду с усилением прикладных разработок интенсивно развивались исследования биологии и экологии основных лесообразующих пород в

Карелии и Мурманской области. Впервые в стране начато комплексное изучение влияния арборицидов на основные компоненты биогеоценозов. С 1963 г. успешно изучается ультраструктура репродуктивной сферы хвойных. Завершено обоснование объемов и методов лесосошения в Карельской АССР. Для механизации лесокультурных работ на вырубках сконструирован принятый к серийному производству покровосдиратель-сеялка ПДН-1. Начато изучение возможностей использования лиственной и низкокачественной хвойной древесины в целлюлозно-бумажном и канифольном производствах.

С восстановлением в 1967 г. Карельского филиала АН СССР институт возвратился в его состав с прежним названием – Институт леса Карельского филиала АН СССР.

В этот период формируется ресурсоведческое направление, положившее начало изучению комплексной продуктивности лесов. Изучаются ресурсы ягодных и лекарственных растений, их экология, химический состав, режим эксплуатации зарослей лекарственных растений, разработаны методы учета и прогнозирования урожая ягод. До 1994 г. Институт леса являлся координационным центром по изучению недревесных ресурсов леса на территории СНГ. Получило признание педозоологическое направление. Исследована структурно-функциональная организация сообществ почвенных организмов и их роль в процессе почвообразования, выявлены основные закономерности трансформации органического вещества и причины ее заторможенности в почвах таежных лесов, показана возможность использования методов биологической диагностики почв для оценки основных лесохозяйственных мероприятий, прогноза и контроля состояния лесных экосистем в условиях антропогенного воздействия.

В 1976–1978 гг. формируется ландшафтоведческое направление. В настоящее время можно говорить о наличии в Институте леса своей школы в области ландшафтоведения и ландшафтной экологии, он признан ведущим по этому направлению в Отделении общей биологии РАН. Итогом почти 20-летних исследований явились разработка оригинальной классификации и карты географических ландшафтов региона; районирование Карелии по экологическим, ресурсным и хозяйственным критериям, позволяющее рационально планировать многоцелевое природопользование и минимизировать последствия антропогенного воздействия на таежные экосистемы (пакет из 20 карт с пояснительными записками); подготовка «Экологической карты Карелии» (пакет из 8 специальных карт) и др. Эти материалы используются в практике планирования регионального природопользования и при проведении экологических и эколого-экономических экспертиз. Успешно развивались исследования по моделированию лесных биогеоценозов. Для условий европейской части России разработана модель, оценивающая меру влияния ряда основных экологических факторов на рост сосновых и еловых древостоев, определена продуктивность земель по типам леса. Институт является единственным в

России учреждением, где проводятся долговременные исследования по микосимбиотрофии древесных растений. Установлены видовой состав шляпочных съедобных и микоризных грибов и их связи с древесными породами, изучены экологические особенности микоризных грибов и их значение в структурно-функциональной организации лесных биогеоценозов. Широкому кругу читателей известны книги «Грибы северных лесов», выдержавшая пять изданий, и «Макромицеты лесных фитоценозов таежной зоны и их использование» (В.И. Шубин, 1990).

Дальнейшее развитие получили лесоводственные исследования. К середине 70-х гг. в основном были завершены исследования возрастной структуры древостоев сосны и ели в лесах региона, разработаны пути рационализации рубок главного пользования применительно к целевому назначению лесов. К началу 80-гг. исследованы особенности формирования молодняков на вырубках, обобщен опыт рубок ухода прошлых лет. Выявлены биосферная роль и влияние лесных экосистем на составляющие водного баланса в бассейнах Онежского и Ладожского озер. Изучены лесоводственно-экологические последствия рубок главного пользования. В течение ряда лет (до 1994 г.) институт был головной организацией Научного совета «Проблемы леса» Отделения общей биологии РАН по направлению «Совершенствование системы рубок с целью формирования высокопродуктивных и устойчивых насаждений с учетом природно-экологических условий». К настоящему времени изучены структура, динамика и биологическая продуктивность лесов Карело-Кольского региона. Продолжало развиваться болотоведческое и гидролесомелиоративное направления. В итоге дано научное обоснование хозяйственного освоения лесоболотных биогеоценозов, разработаны и переданы производству рекомендации по параметрам мелиоративной сети, искусственному лесовосстановлению на осушенных болотах, ведению лесного хозяйства в осушенных насаждениях Карелии.

За истекший период институтом выполнен ряд важных исследований в области искусственного лесовыращивания. В содружестве с Петрозаводской ЛОС разработаны агротехника и технология выращивание посадочного материала в открытом и закрытом грунте лесных питомников и создания лесных культур посевом и посадкой на вырубках, обоснованы типы лесных культур и составлены технологические карты на их производство. Итогом этих исследований явилась подготовка целого ряда региональных практических рекомендаций по основным вопросам лесокультурного производства. Разработана серия орудий для частичной обработки почвы и создания культур на нераскорчеванных вырубках, которые были приняты к серийному производству и широко использовались на вырубках Севера.

В тематике института значительное место уделяется лесобиологическим направлениям — цитологии, генетике и селекции древесных растений, экофизиологии древесных растений, лесной фитопатологии и энтомологии, почвенным исследованиям. Важнейшим



итогом цитологических исследований явилось издание совместно с Ботаническим институтом АН СССР двух фундаментальных трудов: «Атласа ультраструктуры растительных клеток» (1972) и «Атласа ультраструктуры растительных тканей» (1980), первый из которых удостоен премии им. К.А. Тимирязева АН СССР. Вскрыты механизмы формирования узорчатой текстуры древесины у березы карельской, разработаны способы размножения ее лучших форм, открыт способ прижизненного обогащения текстуры древесины обычных видов березы. В настоящее время ведутся работы по отработке технологии микроклонального размножения и изучению ультраструктуры тканей березы карельской.

Экофизиологические исследования направлены на выявление физиологических и биохимических закономерностей роста и адаптации древесных растений к условиям окружающей среды. Определены обеспеченность деревьев элементами питания и потребность в них по сезонам года, оптимальный световой режим, различные аспекты ритмики физиологических процессов, а также направленность физиолого-биохимических процессов на разных этапах развития древесных растений, показана специфика их адаптации к меняющимся факторам среды. В последние годы изучается влияние промышленного загрязнения на физиологические процессы у сосны в условиях длительного и интенсивного влияния токсичных поллютантов. Полученные данные послужат основой для оценки адаптивных возможностей лесообразующих пород к антропогенному загрязнению.

Фитопатологами и энтомологами института впервые для европейской части России изучены видовой состав фитопатогенных грибов – возбудителей болезней древесных пород, насекомых – обитателей съедобных грибов и вредителей леса, особенности их биологии и экологии в условиях Карелии, оценено хозяйственное значение, предложена система мероприятий по снижению причиняемого ими вреда. Выявлены редкие виды насекомых, нуждающихся в охране и занесенных в Красные книги Карелии и России.

Лабораторией почвоведения и микробиологии завершена очередной этап исследования структуры почвенного покрова и лесорастительных свойств почв Республики Карелия, существенно модифицирована почвенная карта региона, составлены крупномасштабные почвенные карты Валаамского архипелага, заповедника «Кивач», российско-финляндского парка «Дружба», разработаны концептуально-балансовые модели круговорота азота в сосновых лесах региона. Составлены карты загрязнения территории Карелии тяжелыми металлами, вошедшие в атлас «Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1995» (1996). Многолетние исследования позволили приступить к моделированию процессов почвообразования, составлению кадастра лесных земель и разработке научных основ почвенного мониторинга.

В связи с кризисной обстановкой в стране и сложностью бюджетного финансирования академической науки в 1992 г. из тематики

института были исключены важные прикладные научные направления, связанные с конструированием лесохозяйственной техники и технологией целлюлозно-бумажного производства. В рамках этих направлений ранее была разработана система машин для обработки почвы на вырубках и осушения заболоченных земель, предложены технологии использования низкокачественной древесины, даны предложения по изысканию дополнительных сырьевых ресурсов для ЦБП. По той же причине почти на треть был сокращен штат института, резко снизилось финансирование полевых исследований, приобретения научных приборов и оборудования.

В последнее десятилетие особенно активно развивались природоохранное и экологическое направления. В 1987 г. была создана лаборатория охраны лесных экосистем. Результатом ее исследований стали монография «Экологическая ситуация в Карелии» (1993), серия экологических публикаций «Охраняемые природные территории и памятники природы Карелии» (1992), «Растительный мир Карелии и проблемы его охраны» (1993) и др. Институт леса активно участвовал в подготовке «Государственных докладов о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1993-1996 гг.», «Красной книги Карелии» (1985, 1995). Дана оценка охраняемого природного фонда республики, определены принципы формирования и перспективы развития системы охраняемых природных территорий. Институт был одним из инициаторов создания заповедника «Костомукшский» и национальных парков «Паанаярви» и «Водлозерский», а также ряда заказников. В настоящее время в содружестве с другими институтами Карельского НЦ РАН по заданию Министерства экологии и природных ресурсов проведена работа по научному обоснованию создания национальных парков «Калевальский», «Тулос» и «Койтайоки». В течение последнего пятилетия значительное место в исследованиях института занимают проблемы биоразнообразия, эколого-биологического мониторинга лесов, их загрязнения. Созданы полигоны интегрированного в европейскую сеть и локального мониторинга в районе Костомукшского промузла.

Институт леса является единственным на Северо-Западе России научным учреждением, ведущим фундаментальные исследования лесных экосистем региона и имеющим широкий спектр высококвалифицированных специалистов лесобиологического и экологического профиля. В его составе на сегодняшний день пять научных лабораторий: лесоведения и лесоводства, лесной микологии и энтомологии, физиологии и цитологии древесных растений, лесного почвоведения и микробиологии, ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем, аналитическая лаборатория. При общей численности 116 человек в институте трудится 58 научных сотрудников, 5 из них имеют степень доктора и 41 – кандидата наук.

За истекшие 40 лет сотрудниками института опубликовано около 70 монографий, 110 тематических сборников научных работ, более 50 научно-популярных книг, брошюр, многочисленные статьи в отечественных и зарубежных изданиях; 11 научно-популярных плакатов. Большое внимание

уделяется внедрению результатов исследований в практику лесного хозяйства. Разработаны и переданы производству более 90 региональных наставлений, рекомендаций, методических указаний. Плодотворная научная деятельность отмечена правительственными наградами: 9 сотрудников – орденами и медалями СССР, 4 – почетным знаком «Изобретатель СССР», 20 – Почетными грамотами КАССР и РК, 20 удостоены почетных званий РФ и Карелии.

Фундаментальные и прикладные исследования института получили признание европейской научной общественности. Институт является членом Международного союза лесных исследовательских организаций (ИЮФРО) и Европейского института леса. Установлены тесные творческие связи с родственными научными учреждениями приграничных стран (Финляндия, Швеция, Норвегия), ведутся совместные исследования по 15 научным проектам. В 1993–1997 гг. институт проводил исследования по 6 проектам Российского фонда фундаментальных исследований, являлся соисполнителем 7 государственных научно-технических программ. С 1997 г. институт – соисполнитель трех проектов ФЦП «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки», направленных на укрепление и развитие творческих связей с лесоинженерным факультетом Петрозаводского государственного университета и Московским университетом леса.

В ближайшее время предполагается сосредоточить усилия на исследовании биоразнообразия в лесных экосистемах, разработке методологии их экологического мониторинга, динамической типологии на ландшафтной основе, исследовании структурно-функциональной организации лесных экосистем в целях эколого-экономической оптимизации природопользования. В прикладном аспекте на первом плане будут находиться вопросы адаптации существующих методов лесохозяйственной деятельности к условиям рыночной экономики. В научно-организационном плане на ближайшие два-три года основной задачей остается сохранение и развитие научного потенциала института, подготовка кадров высшей квалификации.

---

**В.И. Крутов, А.Д. Волков**  
Институт леса Карельского научного  
центра РАН

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 630\*: 061.3

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЛЕСОВОДОВ  
ЮГА РОССИИ

23–25 марта 1998 г. на базе лесохозяйственного факультета Новочеркасской государственной мелиоративной академии проходила научно-практическая конференция, посвященная 200-летию образования Лесного департамента России, на тему «Продуктивность и средозащитная роль лесов юга России».

В конференции принимали участие и выступили с докладами представители управлений лесами Краснодарского, Ставропольского краев, Ростовской области, Республики Калмыкия, НИИ Горлесэкол, профессорско-преподавательский состав, аспиранты и студенты лесохозяйственного факультета Новочеркасской государственной мелиоративной академии. Всего заслушано 37 докладов.

Участники конференции отмечали, что Лесной департамент России с первых дней своего существования уделял внимание развитию лесного дела на безлесных просторах юга России. В первую очередь это было связано с заселением «Дикого поля», продвижением русских поселенцев в низовье Волги и равнинного Предкавказья. Лес нужен был прежде всего для строительства и повышения комфортности быта населения. Лесная служба искала ответы на вопросы о возможности лесоразведения в степи, наиболее перспективных древесных породах и технологиях лесовыращивания, выполняла благородную роль миссионеров в деле защитного лесоразведения. В этих целях на юге России были созданы опытные лесничества, призванные осуществлять лесоразведение в степных районах, закреплять пески, овраги и горные склоны. Теперь это памятники искусственного степного лесоразведения. К ним можно отнести Донской лесхоз, Сальскую лесную дачу, Тугай-Худук, Урдинские сосновые посадки, Ачикулакский лес, Молюшкинскую сосну и др. Служба Лесного департамента впервые дала положительный ответ на возможность лесоразведения в безлесной степи.

Преемники дореволюционных лесоводов сумели придать лесоразведению в степи массовый характер. Практически на всем земледельческом пространстве юга России имеются полезащитные полосы,

но их недостаточно. На сегодняшний день закреплено более 1 млн га подвижных песков, на Дону посажено 200 тыс. га сосновых лесов и закреплено 300 тыс. га оврагов, балок и склоновых земель. Защитный лес коренным образом изменил степной ландшафт, улучшил адаптацию населения к засушливым районам, повысил урожайность сельхозугодий.

Однако участники конференции с беспокойством отмечали, что в последние годы резко сократились лесопосадочные работы, увеличилась самовольная раскорчевка защитных насаждений, не ведутся уходы за лесомелиоративными посадками, свирепствуют пожары, которые сводят на нет усилия целых поколений лесоводов.

На основании заслушанных докладов и их обсуждения конференция приняла следующее постановление.

1. Отметить положительную роль защитных лесных насаждений в формировании лесоаграрных ландшафтов, повышении урожайности сельскохозяйственных угодий и улучшении быта населения.

2. В целях обеспечения оптимального финансирования на защитное лесоразведение юга России обратиться в Правительство РФ с предложением принять решение об отчислении не менее 15 % средств от земельного налога на осуществление планов защитного лесоразведения.

3. Просить Миннауки, Минсельхозпрод, Федеральную службу лесного хозяйства РФ изыскать средства для создания научной Южной комплексной лесной экспедиции с участием сотрудников НГМА, ВНИАЛМИ, ВНИИЛМа, Росгипролесхоза и др. Поставить перед экспедицией задачи:

разработать методику оценки комплексной продуктивности и средозащитных функций лесов на юге России в эталонных лесах лесфонда по согласованию с региональными управлениями лесами;

усовершенствовать методы ведения лесного хозяйства и воспроизводства лесных ресурсов в дубравах степных районов России;

провести детальное исследование песчаных земель Придонья в целях перспективной оценки будущих лесных культур, определить оптимальную лесистость песчаных земель и меры хозяйственного обустройства лесов;

осуществлять лесопатологический мониторинг степных лесов;

разработать ключевую программу лесомелиоративного обустройства фермерских хозяйств и определить формы финансирования этих работ.

4. Усовершенствовать донской способ создания культур на песках в направлении повышения устойчивости посадок против почвенных вредителей, ускоренного углубления корневой системы и автоматизации посадок (поручить ВНИАЛМИ, ВНИИЛМ, НГМА).

5. Подготовить предложения для НТС Рослесхоза о включении в проекты создания лесных культур программы выращивания их до возраста спелости (поручить НГМА).

6. В целях повышения качества лесокультурного проектирования рекомендовать управления лесами организовать в 1998–1999 гг. семинары лесничих и инженеров лесных культур по совершенствованию проектирования лесных насаждений.

7. Считать целесообразным введение в учебный план специальности 260400 – лесное и лесопарковое хозяйство дисциплины «Проектирование и программирование выращивания лесных насаждений».

8. Одобрить работу Попечительского совета лесохозяйственного факультета НГМА по подбору молодежи для поступления в высшие лесные учебные заведения.

9. Рекомендовать деканату лесохозяйственного факультета НГМА расширить опыт работы Донской малой лесной академии на юге России, для этого создать ее филиалы при управлениях лесного хозяйства Краснодарского края, Астраханской области и Республики Калмыкия.

10. Отметить актуальность исследований по изучению формирования местного стока и эрозии. Рекомендовать для широкого использования предлагаемое НГМА измерительное оборудование (уровнемеры и др.).

11. Отметить важность исследований экологических аспектов лесопользования в регионе, проблем лесоразведения на песках, защитного лесоразведения и рекреационного лесопользования.

12. Предложить лесхозам Ростовского, Краснодарского, Ставропольского, Астраханского управлений лесами и Госкомитету лесов Республики Калмыкия внедрять в производство научные разработки НГМА, ВНИАЛМИ, Воронежской ГЛТА, НИИ Горлесэкол и др.

13. Работникам лесного хозяйства указанных областей и краев поддерживать более широкие и тесные связи с вузами, НИИ и другими учебными заведениями южного региона России.

Заслушанные доклады рекомендовано опубликовать в научных трудах НГМА.

**И.В. Ревяко**

Новочеркасская государственная  
мелиоративная академия

УДК 061.3: 630\*81

## **ЕКАТЕРИНБУРГСКАЯ СЕССИЯ КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЮ**

Очередная годовичная сессия Регионального координационного совета по современным проблемам лесоведения (РКСД) проходила в Уральской лесотехнической академии с 21 по 24 сентября 1998 г.

С отчетом о деятельности РКСД за истекший год и докладом для преподавателей и студентов УГЛТА «Перспективы развития

древесиноведения на пороге XXI века» выступил автор этих строк Б.Н. Уголев (МГУЛ, Москва).

В отчетном периоде продолжена работа по распространению в России и зарубежных странах (Австралия, Австрия, Великобритания, Канада, Новая Зеландия, Словакия, США и др.) трудов II Международного симпозиума РКСД «Строение, свойства и качество древесины-96». Проявлению интереса к материалам Симпозиума способствовали актуальность тематики докладов и весьма широкие связи РКСД, функционирующего под эгидой Международной академии наук о древесине, с ведущими отечественными и зарубежными учеными и исследовательскими центрами.

Сформирован на 1998 г. состав Реестра экспертов высшей квалификации по древесине, лесоматериалам, конструкциям и изделиям из древесины, технологиям лесозаготовок и деревообработки. Реестр был создан в 1997 г. при РКСД совместно с Министерством экономики РФ и НТОбумдревпромом. В новом его составе число экспертов увеличилось до 85 человек из разных регионов России, а также Украины, Белоруссии и Латвии.

Члены РКСД, в том числе преподаватели вузов Е.В. Харук (СГТУ, Красноярск), И.П. Дейнеко (СПбЛТА, С.-Петербург), Б.Н. Покровская (МГСУ, Москва), Б.Н. Уголев (МГУЛ, Москва), приняли участие в международных симпозиумах, проходивших в России, Португалии, Швейцарии, Словакии.

Из представленных на сессии 30 докладов и письменных сообщений следует, что, несмотря на финансовые трудности, исследования в области фундаментального и прикладного древесиноведения, а также пограничных дисциплин ведутся во многих учебных и исследовательских центрах России СПбЛТА (С.-Петербург), ИЛ СО РАН и СГТУ (Красноярск), ИЛ КарНЦ РАН (Петрозаводск), ИПХФ РАН (Черноголовка), ВНИИХлесхоз (Ивантеевка), МГУЛ, ЦНИИСК, МГСУ (Москва), ВГЛТА, НИИЛГС (Воронеж), АГТУ (Архангельск), НГСА (Новосибирск), МарГТУ (Йошкар-Ола), УГЛТА (Екатеринбург), БГИТА (Брянск), ХПИ (Хабаровск). Поступили также сообщения от иностранных членов РКСД из Белоруссии, Латвии и Канады.

Участникам сессии были представлены для обсуждения и внесения предложений проекты стандартов ИСО «Лесоматериалы. Терминология» и «Круглые лесоматериалы. Методы измерения размеров и объема», разработанные А.К. Курицыным.

Сессия приняла решение об обращении в Учебно-методическое объединение по образованию в области лесного дела (УМО) с ходатайством рекомендовать ввести преподавание древесиноведения в вузах России для всех специальностей лесотехнического профиля. (В ноябре соответствующее письмо УМО разослано вузам.)

В связи с возрастанием международного авторитета РКСД ряд зарубежных ученых выразил готовность участвовать в его деятельности. В

состав Совета дополнительно введены древесиноведы из Болгарии, Венгрии, Латвии, Словакии.

В 1999 г. очередную сессию РКСД намечено провести совместно с НТОстроителей и НТОбумдревпромом в Москве.

Во изменение решения, принятого в 1997 г., и учитывая согласие Президиума Карельского научного центра РАН Совет постановил провести III Международный симпозиум «Строение, свойства и качество древесины-2000» на базе Института леса КарНЦ РАН (Петрозаводск, Кижы).

---

**Б.Н. Уголев**

Региональный координационный совет  
по современным проблемам древесиноведения



# Уважаемые читатели!

**В** 1998 г. вышли из печати две новые книги: «Природные характеристики деревьев и хлыстов. Справочные материалы» (6,4 печ. л.) и «Технологические факторы повышения производительности трелевочных машин» (7 печ. л.). Книги подготовлены доцентом Архангельского государственного технического университета Л.В. Коротяевым на основе многолетних исследований объектов и процесса трелевки, изданы ИПП «Правда Севера».

В справочнике сконцентрированы известные сведения о природных геометрических и физико-механических характеристиках деревьев и хлыстов с распределением их по разрядам высот и ступеням толщины для основных пород северных лесов.

В книге по трелевке рассмотрено влияние различных факторов на сопротивление движению трелеваемой пачки, построена математическая модель его коэффициента. Указаны пути снижения сопротивления и повышения объема пачки.

Данные о параметрах деревьев и трелевочном коэффициенте могут быть использованы для повышения производительности лесных машин, дальнейшего совершенствования техники и технологии лесозаготовок, решения лесоводственных задач, а также в научных и учебных целях.

Книги предназначены для работников леспромхозов, лесхозов, научных и конструкторских учреждений, преподавателей, аспирантов и студентов лесных специальностей высших учебных заведений.

*Цена справочника 16 руб., книги по трелевке – 20 руб.*

***С заявками следует обращаться по адресу:***

*163007, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, АГТУ,  
кафедра технологии лесопромышленных производств,  
тел. (818-2) 44 - 91 - 37  
или к автору книг, тел. (818-2) 47 - 82 - 68*

# Подписывайтесь

на второе полугодие 1999 г.

на журнал  
«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ»

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ»

**Индекс 70368**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца. Стоимость трех номеров 105 руб., доплаты за услуги связи устанавливаются по регионам.

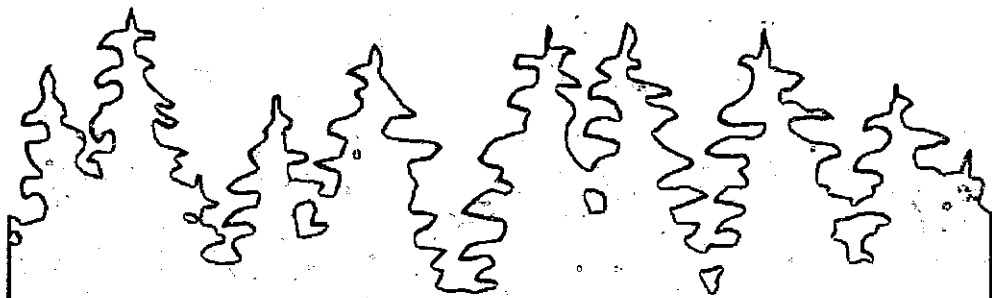
Подписка принимается органами «Роспечати».

Подписка на журнал может быть оформлена через редакцию. (Наш расчетный счет 40503810100000000286 в РКЦ центробанка г. Архангельска, БИК 041117001, ИНН 2901039102.)

Копию платежного поручения или денежный перевод с указанием адреса и фамилии подписчика просим выслать в редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

**Адрес редакции:** 163007, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, АГТУ, «Лесной журнал».



ISSN 0536 - 1036. Изв. вузов. Лесной журнал, № 5, 1 - 144

# АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ВОПРОСАМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Общение и языковые навыки**

**31 июля – 7 августа 1999**

**21 – 28 августа 1999**

**С**пециальный международный курс английского языка  
для специалистов по вопросам окружающей среды

**полную информацию по**

**Более**

**Дать:**

05  
У-332

ISSN 0536 - 1036

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

# ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

5'98

