

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

# *Лесной журнал*

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

6

2003

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Заместители главного редактора:

проф. **Е.С. Романов**, проф. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **И.И. Гусев**, проф. **Р.Е. Калитеевский**, акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, проф. **А.А. Камусин**, проф. **В.И. Комаров**, проф. **В.С. Куров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **В.И. Мелехов**, проф. **М.Д. Мерзленко**, проф. **Е.Г. Мозолевская**, **В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **Г.С. Ошечков**, проф. **А.В. Питухин**, проф. **В.К. Попов**, проф. **С.М. Репях**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф. **В.Г. Санаев**, проф. **В.И. Санев**, проф. **В.А. Суслов**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

Ответственный секретарь – заслуженный работник культуры РФ **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 и студентов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6

Редакторы **Н.П. Бойкова**, **Л.С. Окулова**  
Перевод **Н.Т. Подражанской**  
Компьютерный набор **О.В. Деревцовой**, верстка **Е.Б. Красновой**

---

Сдан в набор 19.12.2003. Подписан в печать 12.01.2004.  
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 15,04. Усл. кр.-отг. 15,04.  
Уч.-изд. л. 18,09. Тираж 1000 экз.  
Архангельский государственный технический университет

---

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел.: (818-2) 28 07 18,  
факс: (818-2) 28 07 14, e-mail: forest@agtu.ru http://lesnoizhurnal.agtu.ru

---

Типография Архангельского государственного технического университета  
163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17



## СОДЕРЖАНИЕ

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- О.И. Гаврилова, И.Т. Кищенко.* Влияние минеральных удобрений на рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах южной Карелии..... 7
- Э.А. Курбанов.* Углерод в продуктах из древесины Республики Марий Эл..... 16
- С.П. Зыков.* Метод ранней диагностики интенсивности роста и засухоустойчивости лиственных древесных растений..... 24
- С.В. Ильчуков.* Динамика горизонтальной структуры производных лиственных насаждений ..... 29

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- А.Н. Фадеев.* Затраты на перебазировку лесозаготовительной техники..... 35
- Н.Н. Буторин.* Транспортная сеть для освоения лесного массива..... 40

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- В.Г. Турушев, Е.Ю. Варфоломеева.* Улучшение условий труда при защитной обработке древесины на малых предприятиях..... 45
- И.И. Иванкин.* Расчет деталей и узлов с учетом рассеяния значений их параметров при использовании системы имитационного моделирования GPSS..... 53
- Л.С. Суровцева, Д.В. Иванов.* Дополнительные ресурсы древесного сырья для целлюлозно-бумажного производства..... 57
- Н.В. Лобанов, Г.Ф. Прокофьев, И.С. Лобанова.* Жесткость ленточных пил с учетом отжимных направляющих..... 62
- В.И. Онегин, Ю.И. Цой.* Формирование покрытий модифицированными водно-дисперсионными лакокрасочными материалами на изделиях из древесины..... 68

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- П.В. Миронов, Е.В. Алаудинова, Ю.С. Шимова, С.М. Репях.* Физико-химические свойства криозащитных белков меристем зимующих почек ели и пихты ..... 75
- Д.Г. Чухчин, Т.А. Величко, Л.В. Герасимова, С.В. Манахова, О.М. Соколов.* Влияние обработки ускоренными электронами на молекулярную массу и химический состав технических лигнинов..... 82
- Н.В. Шорина, Д.С. Косяков, К.Г. Боголицын.* Особенности потенциометрического измерения pH в водно-ацетоновой среде..... 89
- О.А. Самылова, А.М. Айзенштадт, К.Г. Боголицын, Д.С. Косяков, Н.С. Горбова.* Кислотно-основные свойства лигнина Бьеркмана..... 95

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Е.С. Романов.* Институциональные факторы и средства сохранения и развития предприятий лесозаготовительной отрасли ..... 104

*КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ*

- А.А. Рогов.* Моделирование функционирования восстанавливаемых систем (бумагоделательная машина)..... 117
- А.Т. Гурьев, М.Е. Деменков.* Интеграция информационных процессов жизненного цикла изделий лесного машиностроения с использованием PLM-систем..... 125

*МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ*

- А.А. Ефремов, О.М. Соколов, Ю.А. Варфоломеев.* Организация на территории Архангельской области первого Всероссийского студенческого строительного отряда ..... 135
- П.А. Королев, Ю.А. Варфоломеев, В.В. Кичев, В.Ю. Чернега, А.И.Лавров.* Создание в Архангельске штаба студенческих отрядов Северо-Западного федерального округа РФ..... 140

*ЮБИЛЕИ*

- Коллеги, ученики, друзья.* Стахийев Юрий Михайлович (к 70-летию со дня рождения)..... 146
- Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» в 2003 г. 147





## CONTENTS

## FORESTRY

- O.I. Gavrilova, I.T. Kishchenko.* Influence of Mineral Fertilizers on Scots Pine Growth on South Karelia Sand Soils..... 7
- E.A. Kurbanov.* Carbon in Wood-based Products of Mari El Republic..... 16
- S.P. Zykov.* Method of Early Diagnostics of Growth Intensity and Drought Resistance of Deciduous Wood Plants..... 24
- S.V. Ilchukov.* Dynamics of Horizontal Structure of Secondary Deciduous Stands... 29

## WOODEXPLOITATION

- A.N. Fadeev.* Costs of Forest-harvesting Machines Relocation..... 35
- N.N. Butorin.* Transport Network for Forest Stock Development..... 40

## MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

- V.G. Turushev, E.Yu. Varfolomeeva.* Improvement of Labor Conditions in Small Enterprises at Protective Wood Treatment..... 45
- I.I. Ivankin.* Calculation of Details and Blocks Taking into Account Dispersion of Parameters' Values Using GPSS Simulation Technique System ..... 53
- L.S. Surovtseva, D.V. Ivanov.* Additional Resources of Wood Raw Material for Pulp-and-Paper Production..... 57
- N.V. Lobanov, G.F. Prokofjev, I.S. Lobanova.* Hardness of Bandsaws Taking into Account Squeeze Guides..... 62
- V.I. Onegin, Yu. I. Tsoj.* Coating Formation on Wooden Products with Modified Water-dispersion Paintwork Materials..... 68

## CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- P.V. Mironov, E.V. Alaudinova, Yu. S. Shimova, S. M. Repyakh.* Physical-and-chemical Properties of Cryoprotective Proteins of Meristems of Spruce and Fir Wintering Buds..... 75
- D.G. Chukhchin, T.A. Velichko, L.V. Gerasimova, S.V. Monakhova, O.M. Sokolov.* Influence of Accelerated Electrons' Processing on Molecular Mass and Chemical Analysis of Technical Lignins..... 82
- N.V. Shorina, D. S. Kosyakov, K. G. Bogolitsyn.* Characteristics of pH Potentiometric Measurement in Water-acetone Medium..... 89
- O.A. Samylova, A.M. Eisenschtadt, K.G. Bogolitsyn, D.S. Kosyakov, N.S. Gorbova.* Acid-base Properties of Bjorkman Lignin..... 95

## ECONOMICS AND MANAGEMENT

- E.S. Romanov.* Institutional Factors and Means of Saving and Development of Forest-harvesting Enterprises..... 104

## COMPUTERIZATION OF TRAINING AND TECHNOLOGICAL PROCESSES

- A.A. Rogov.* Simulation of Renewable Systems Operation (Papermaking Machine). 117

---

<i>A.T. Gurjev, M.E. Demenkov.</i> Integration of Information Processes for Life Cycle of Forest Machine-building Products Based on PLM-systems.....	125
<i>METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING</i>	
<i>A.A. Efremov, O.M. Sokolov, Yu.A. Varfolomeev.</i> Establishment of First All-Russia Students' Construction Brigade in Arkhangelsk Region.....	135
<i>P.A. Korolev, Yu. A. Varfolomeev, V. V. Kichev, V. Yu. Chernega, A. I. Lavrov.</i> Establishment of Headquarters of Students' Construction Brigades in Northwestern Federal Region.....	140
<i>JUBILEES</i>	
<i>Colleagues, progeny, friends.</i> Yury M. Stakhiev (to 70 <sup>th</sup> birthday).....	146
Index of Articles Issued by «Lesnoi Zhurnal» in 2003	147

---



УДК 630\*237.4

**О. И. Гаврилова, И. Т. Кищенко**

Гаврилова Ольга Ивановна родилась в 1957 г., окончила в 1979 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства ПетрГУ. Имеет около 20 печатных работ в области выращивания посадочного материала и исследования лесных культур.



Кищенко Иван Тарасович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Петрозаводский государственный университет, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники ПетрГУ. Имеет более 60 печатных работ в области изучения роста, развития, интродукции хвойных пород.



### **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ**

Исследованы рост и развитие лесных культур сосны обыкновенной на бедных и сухих почвах южной Карелии после серии подкормок. Дано сравнение приростов по диаметру и высоте в вариантах с полной минеральной подкормкой и внесением одного азота. Приведены сведения о сроке последствий удобрений.

*Ключевые слова:* минеральные удобрения, почва, напочвенный покров, культуры сосны, прирост.

Леса Северо-Запада России интенсивно эксплуатировались в течение длительного времени, что привело к существенному снижению запасов спелой древесины. Необходимо создавать лесные культуры с учетом почвенно-климатических условий. Медленный рост культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на песчаных почвах во многом определяется недостатком минерального питания. Цель наших исследований – изучить влияние удобрений на рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах южной Карелии (средняя подзона тайги) за длительный период выращивания.

Исследования проводили в течение 39 лет. Объекты исследований расположены на пологом склоне северной экспозиции недалеко от берега небольшого озера. Бывший тип леса – сосняк брусничный, состав древостоя 10С + Б, класс бонитета IV. В результате сплошной рубки и последовавшего пожара сформировался вересково-паловый тип вырубки. Почва представлена маломощными поверхностно-подзолистыми разновидностями в сочетании с железистыми песчаными подзолами, подстилаемыми озерно-ледниковыми песчаными отложениями и характеризующимися низким содержанием подвижных элементов минерального питания.

Культуры сосны обыкновенной созданы в 1962 г. посевом по полосам, подготовленным якорным покровосдирателем тяжелого типа. Ширина полос 0,8 ... 1,2 м, расстояние между полосами 1,5 ... 2,2 м. Посев произведен сеялкой от плуга ПКЛ-70. Использованы семена 2-го класса сортности местного сбора, расход 0,8 кг/га. Приживаемость культур в первый год составила 86, на второй 88 %.

Минеральные удобрения вносили после таяния снежного покрова весной 1970, 1975, 1979 и 1985 гг. Схема опыта: N, NPK и контроль (без удобрения). Дозы внесения удобрений: в 1970 г. – азота и калия по 30, фосфора 60 кг действующего вещества на 1 га; в 1975 г. – по 60 кг/га каждого из указанных элементов питания; с 1979 г. вдвое больше. Удобрения вносили в виде мочевины, суперфосфата и хлористого калия вручную по поверхности почвы.

Размер пробных площадей – 0,5 га. Живой напочвенный покров изучали в 1970 и 2001 гг. На каждой пробной площади закладывали по 10 учетных площадок размером 1×1 м по диагонали и определяли процент проективного покрытия растений каждого вида. На пробных площадях производили сплошной пересчет деревьев, учитывали число и состояние деревьев в рядах и между рядами, измеряли их диаметр и высоту, диаметр и протяженность живой части крон (вдоль и поперек ряда). На каждой пробе выбирали по 10 модельных деревьев, у которых измеряли приросты за все 39 лет исследований. У трех модельных деревьев каждой пробы делали спилы стволов в 10 см от комля для определения динамики ширины годичного кольца за годы наблюдений. В качестве моделей служили средние по таксационным показателям особи.

Для определения потребности растений в элементах минерального питания исследовали химический состав почв. Кислотность почв определяли потенциометрически, поглощенные основания – по Каппену, общий углерод – по Тюрину, калий – на пламенном фотометре, фосфор – по Труогу, аммиачный азот – реактивом Неслера, общий азот – по Кьельдалю.

Результаты исследований обрабатывали статистически [1]. Показатель точности опыта, как правило, был не менее 2 ... 4 %, коэффициент вариации не превышал 10 ... 20 %. Различия по изучаемым признакам оценивали на достоверность, во всех обсуждаемых случаях они оказались статистически значимыми.

*Почва.* Как видно из данных табл. 1, почва изучаемых объектов имеет очень кислую реакцию ( $pH < 3,5$ ). Максимальная кислотность отмечена в верхнем горизонте. Нижние горизонты богаты основаниями за счет подстиляющей породы. Основной запас элементов минерального питания сосредоточен в подстилке. Здесь наблюдается значительное количество подвижного калия, аммиачного азота и даже некоторое количество нитратного азота. По-видимому, это связано с усилением жизнедеятельности нитрофицирующих бактерий после прошедшего пожара. Верхние горизонты почвы не насыщены основаниями, а подстилка бедна органическим веществом (содержание углерода около 13 %).

Через 4 года после первого внесения удобрений учитывали численность почвенных микроорганизмов. Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что этот показатель существенно возрос, особенно резко число аммонифицирующих бактерий (в 3–6 раз). В несколько раз увеличилась численность грибов и актиномицетов, главным образом в горизонте  $A_0$ . Денитрифицирующие и азотофиксирующие бактерии встречаются в небольшом числе. Интенсивное развитие микрофлоры в почве объясняется улучшением ее минерального состава благодаря внесению удобрений и увеличению массы опада [4].

Таблица 1

**Результаты химического анализа почвы на контрольной площади**

Горизонт	Глубина, см	pH		Общий углерод, %	$K_2O$	$NH_4$	$NO_3$	$P_2O_5$	N общий, %
		KCl	$H_2O$						
$A_0$	0...1	3,3	4,6	13,2	78,0	41,2	2,7	6,0	0,6
$A_2$	1...6	3,2	4,5	1,0	8,6	6,2	0,1	0,9	0,1
$B_1$	6...12	4,8	5,5	4,5	10,1	6,2	0,0	29,5	0,1
$B_2$	30...40	4,8	6,2	0,4	10,3	5,8	0,0	43,0	0,0
C	75...80	4,9	6,5	0,2	11,7	5,5	0,0	39,0	0,0

Таблица 2

**Содержание микроорганизмов в почве (по данным 1973 г.)**

Вариант опыта	Горизонт	Численность микроорганизмов, тыс. шт./1 г сух. почвы							
		Аммонификаторы	Кластеридиум	Денитрификаторы	Целлюлозные бактерии	Бактерии	Грибы	Споровые	Актиномицеты
Контроль	$A_0$	5829	1,2	0,2	0,1	243	259	100	3,5
	$A_2$	149	0,2	0,0	0,1	21	30	12	0,8
	$B_1$	107	0,1	0,1	0,1	8	16	12	7,5
N	$A_0$	37 755	5,4	0,6	0,4	942	1110	111	1,8
	$A_2$	942	0,8	0,3	0,2	82	62	23	0,6
	$B_1$	318	0,1	0,1	0,2	37	63	14	15,1
NPK	$A_0$	17 125	0,5	1,5	2,8	361	526	72	4,5
	$A_2$	260	0,0	0,1	0,1	56	46	14	0,5
	$B_1$	418	0,2	0,1	0,1	17	21	3	25,6

*Напочвенный покров.* Через 8 лет после создания культур живой напочвенный покров приобрел значительную мозаичность, сохранившись в основном только между рядами. Общее проективное покрытие вереском обыкновенным составило около 30 %, брусникой, толокнянкой и багульником болотным – по 5 %. До создания лесных культур (в 1961 г.) на вырубке прошел пожар, после которого сформировался напочвенный покров с участием политриховых мхов, характерных для гарей. На 35 % они представлены политрихумом можжевельниковидным и на 15 % политрихумом волососным.

При изучении живого напочвенного покрова в 2001 г. отмечено появление лишайников, в основном кладонии оленьей и лесной. В контроле их проективное покрытие достигло 45 %. Несколько меньше здесь политриховых мхов (30 %), вереска обыкновенного (25 %) и брусники (25 %), остальных видов травянистой растительности менее 5 %. В варианте с внесением только азотного удобрения максимальная степень покрытия характерна для кукушкина льна (45 %). Здесь лишайники (40 %) и вереск обыкновенный (20 %) развиты почти так же, как в контроле, брусники несколько больше (30 %). Внесение полного минерального удобрения приводит к преобладанию лишайников (60 %) и кукушкина льна (50 %), а также снижению покрытия брусникой (15 %) и вереском обыкновенным (10 %).

Суммарное проективное покрытие растений травяно-кустарничкового яруса с возрастом насаждения увеличивается, особенно в вариантах с внесением удобрений. Так, во всех вариантах 8-летних культур этот показатель был одинаковым и составлял 95 %. В культурах 39-летнего возраста в контроле он достиг 125, в удобренных вариантах – 140 %.

*Культуры сосны обыкновенной.* Минеральные удобрения начали вносить через 8 лет после создания лесных культур (1970 г.). К этому времени сохранность культур не изменилась (табл. 3). Незначительные различия связаны лишь с особенностями расположения деревьев на пробных площадях.

Таблица 3

**Сохранность сосны обыкновенной (по данным 1970 г.)**

Вариант опыта	Среднее число растений, шт. на 1 м				Сохранность, %
	всего	жизнеспособных	сомнительных	сухих	
N	5,0	2,4	1,8	0,8	84
NPК	4,5	0,9	0,5	0,1	72
Контроль	5,0	3,4	1,2	0,4	87

Как известно, скорость роста в высоту характеризует качество условий местопроизрастания. Оказалось, что повышенный уровень минерального питания (особенно полного удобрения) благоприятно влияет на рост растений в течение всего исследуемого периода. Так, в 1970 г., сразу после внесения удобрений (осенний пересчет), прирост в высоту и по диаметру увеличился соответственно на 11 ... 25 и 12 ... 13 % (табл. 4).

Таблица 4

## Некоторые показатели культур сосны обыкновенной (по данным 1970 г.)

Вариант опыта	Средний прирост главного побега, см	Средний диаметр у шейки корня, мм	Средний диаметр кроны, см
N	13,0 ± 0,7	22,7 ± 0,4	52
NPK	15,2 ± 0,3	26,9 ± 0,7	63
Контроль	12,1 ± 0,6	20,0 ± 0,5	55

Таблица 5

## Средняя высота сосны обыкновенной (по данным 2001 г.)

Вариант опыта	Средняя величина и ее ошибка, м	Среднее квадратическое отклонение, м	Коэффициент вариации, %	Показатель точности опыта, %
N	8,3 ± 0,1	1,7	21	1,7
NPK	9,9 ± 0,1	1,5	15	1,2
Контроль	6,3 ± 0,1	1,4	21	1,7

В 2001 г., т. е. к 39-летнему возрасту культур, высота растений в варианте с внесением одного азотного удобрения увеличилась на 32 % по сравнению с контролем, а в варианте с полным удобрением – на 57 % (табл. 5). Средний годичный прирост в высоту за этот период времени составил в контроле 17 см, в варианте с внесением азота – 21 см, полного удобрения – 29 см.

Текущий прирост в высоту характеризует интенсивность процессов роста в течение всего периода жизни растений. Значение этого показателя во многом определяется изменениями в экологических условиях, в том числе уровне минерального питания (рис. 1, а). Известно, что подкормка

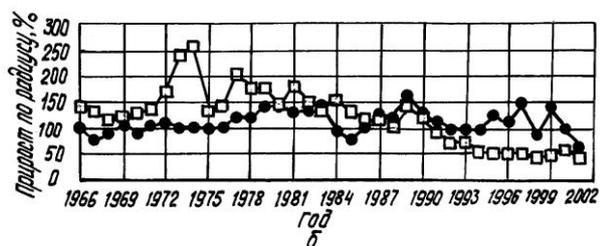
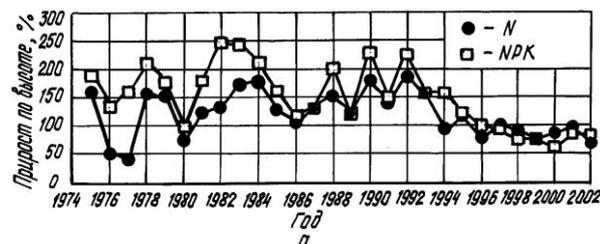


Рис. 1. Динамика текущего прироста по высоте (а) и радиального прироста ствола сосны обыкновенной (б) при внесении удобрений, % от контроля

Таблица 6

## Текущий прирост в высоту сосны обыкновенной, см

Год	N	NPK	Контроль	Год	N	NPK	Контроль
1974	15,3	18,3	9,7	1988	28,0	27,7	23,0
1975	11,7	31,0	23,0	1989	27,0	34,3	15,0
1976	9,3	36,0	22,3	1990	21,0	23,0	15,3
1977	24,0	32,3	15,3	1991	22,3	27,0	12,0
1978	26,3	30,7	17,3	1992	21,0	21,7	13,7
1979	22,3	28,7	29,0	1993	11,3	19,0	12,0
1980	23,0	33,7	18,7	1994	16,0	17,0	13,7
1981	29,0	53,3	21,7	1995	14,3	18,0	17,7
1982	36,7	51,7	21,3	1996	19,3	17,7	18,7
1983	35,3	41,7	19,7	1997	20,3	16,7	21,6
1984	30,7	39,8	23,7	1998	17,3	17,0	22,3
1985	32,0	36,0	30,3	1999	18,3	13,0	20,6
1986	32,0	31,7	24,3	2000	19,0	16,3	19,0
1987	30,7	40,3	20,0	2001	13,0	16,3	19,0

растений благоприятно влияет на их рост только в течение определенного периода времени [2, 3, 6]. Результаты исследований показали, что наибольшее влияние удобрений на рост сосны обыкновенной в высоту прослеживается в течение первых 4-5 лет после их внесения. Например, после внесения полного минерального удобрения в 1979 г. текущий прирост в высоту по сравнению с контролем в 1980, 1981 и 1982 гг. увеличился соответственно на 82, 145 и 142 % (табл. 6). В дальнейшем различия заметно уменьшаются, однако положительное влияние удобрений на деятельность апекса продолжает сказываться. Так, в 1984 г. прирост в высоту в варианте с внесением полного удобрения оказался на 60 % больше, чем в контроле. Последний раз удобрения вносили в 1985 г., однако их влияние, хотя и слабо, сказывалось еще в течение 10 лет. Это подтверждает вывод В.И. Шубина [6] о том, что после внесения удобрения в тканях растения накапливается азот и фосфор, которые в последующем могут использоваться для ростовых процессов.

Данные табл. 6 свидетельствуют о том, что интенсивность роста в высоту за анализируемые годы варьирует как в контроле, так и на экспериментальных участках, иногда весьма значительно. Например, годичный прирост в высоту в контроле в 1975, 1977 и 1981 гг. по сравнению с 1974 г. составил 237, 158 и 224 %, в варианте с внесением полного удобрения – 168, 176 и 291 %, одного азота – 76, 157 и 196 %. Очевидно, что на интенсивность деятельности апикальной меристемы существенно влияют погодные условия.

Наблюдения за ростом сосны обыкновенной показали значительное повышение класса бонитета в 40-летних культурах в опыте с удобрением. В контроле он составил V,0, в варианте с азотом – IV,2, с полным удобрением – III,0.

Таблица 7

## Средний диаметр сосны обыкновенной

Вариант опыта	Средняя величина и ее ошибка, см	Среднее квадратическое отклонение, см	Коэффициент вариации, %	Показатель точности опыта, %
N	8,4 ± 0,1	2,3	30	2,4
NPK	10,0 ± 0,2	2,0	25	2,0
Контроль	6,4 ± 0,2	2,1	33	2,7

Другим показателем, характеризующим интенсивность роста растений, является прирост ствола по радиусу (ширина годичного кольца). Он также значительно возрастает при повышении уровня минерального питания. В варианте с внесением одного азотного и полного минерального удобрения средний диаметр ствола к 39 годам по сравнению с контролем увеличился соответственно на 31 и 56 % (табл. 7). Средний годичный прирост по радиусу составил в контроле 1,6, при внесении азота – 2,2, полного удобрения – 2,6 мм.

Измерения ширины годичного кольца за 1966 – 2001 гг. позволили установить динамику этого показателя при минеральной подкормке (рис. 1, б). Оказалось, что влияние удобрений на ширину годичного кольца усиливается в течение нескольких лет. Так, после внесения полного удобрения (в 1970 г.) радиальный прирост в 1971 г. увеличился на 10, в 1972 г. – на 20, в 1973 г. – на 140, в 1974 и 1975 гг. – на 150 %. Эффективность влияния одного азотного удобрения на интенсивность деятельности камбия ствола была ниже этих показателей на 10 ... 30 %. После внесения удобрений в 1975 г. их наибольший эффект проявился на третий год и в варианте с полным удобрением составил 100, с одним азотом – 25 %.

При внесении удобрений в 1980 г. максимальный эффект имел место на второй год и составил 75 и 25 %, в 1985 г. – также на второй год, 50 и 60 %. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что камбий ствола 15–20-летних растений гораздо дольше и более заметно реагирует на удобрение, чем у 30-летних. В среднем период действия удобрений на рост ствола в толщину, как и в высоту, длится не более 4-5 лет (табл. 8).

После прекращения действия удобрений прирост по радиусу в варианте с внесением азота становится равным контрольному, с полным удобрением даже уменьшается на 50 %. По-видимому, регулярное внесение полного комплекса элементов минерального питания привело к формированию зависимости роста по радиусу от обеспеченности почв.

Объем среднего дерева насаждения в контроле составил 0,0125, с внесением азота 0,0273, с полным удобрением 0,0429 м<sup>3</sup>, или 219 и 343 % от контроля. Запас насаждения в пересчете на 1 га равен 105,50 и 131,53 (в контроле 40,75 м<sup>3</sup>), или 260 и 322 % от контроля. Немаловажен срок внесения удобрений. При осеннем внесении азота его доля в старой хвое оказывается выше, чем в молодой. По данным Н.П. Чернобровкиной [5], максимум азота, поступившего из почвы, в различные фазы фиксируется в

Таблица 8

## Текущий прирост по радиусу ствола сосны обыкновенной, мм

Год	N	NPK	Контроль	Год	N	NPK	Контроль
1966	0,85	1,20	0,85	1984	0,85	1,38	0,90
1967	0,85	1,50	1,13	1985	0,83	1,40	1,07
1968	0,85	1,12	0,97	1986	0,93	1,13	0,95
1969	1,08	1,25	1,02	1987	1,12	1,00	0,87
1970	1,03	1,53	1,18	1988	1,18	1,00	0,98
1971	1,23	1,62	1,18	1989	1,20	1,07	0,75
1972	1,18	1,82	1,08	1990	0,98	0,92	0,77
1973	0,95	2,28	0,95	1991	0,90	0,73	0,80
1974	0,85	2,12	0,83	1992	0,83	0,60	0,85
1975	1,30	1,68	1,27	1993	0,86	0,65	0,90
1976	1,10	1,55	1,10	1994	0,80	0,45	0,83
1977	1,13	1,93	0,95	1995	1,03	0,43	0,83
1978	1,02	1,50	0,85	1996	1,03	0,47	0,93
1979	1,22	1,53	0,87	1997	1,55	0,52	1,03
1980	1,23	1,27	0,88	1998	0,93	0,48	1,12
1981	1,37	1,88	1,05	1999	1,50	0,50	1,08
1982	1,80	2,05	1,38	2000	0,90	0,53	0,92
1983	1,67	1,55	1,17	2001	0,95	0,63	1,52

первый год в хвое. В убывающем порядке он аттрагируется в стеблях, корнях, почках. Поступление азотных соединений из старой хвои в новую, их участие в процессе роста происходит на 2-3 (4) годы, чем и объясняется запаздывание прироста по диаметру по сравнению с приростом по высоте.

Данные табл. 8 свидетельствуют о том, что интенсивность роста древесины ствола за анализируемые годы значительно изменилась как в контроле, так и на экспериментальных участках. Например, годичный прирост по радиусу в контроле по сравнению с 1974 г. изменялся следующим образом: в 1975 г. – 153 %; в 1978 г. – 102 %; в 1982 г. – 166 %; в варианте с внесением полного удобрения соответственно 79, 68 и 97 %, одного азота – 153, 117 и 212 %. Очевидно, что на интенсивность деятельности латеральной меристемы, как и апикальной, существенное влияние оказывают погодные условия.

Результаты сплошного перече́та стволов свидетельствуют о том, что благодаря более интенсивной деятельности камбия в удобренных вариантах большая часть деревьев переходит в сравнительно высокие ступени толщины, которые в контроле вообще не представлены (рис. 2).

Дополнительная подкормка растений способствует развитию более мощного ассимиляционного аппарата, характеризующегося степенью развития крон, а именно их диаметром и протя-

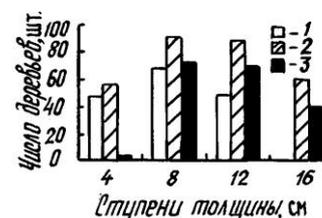
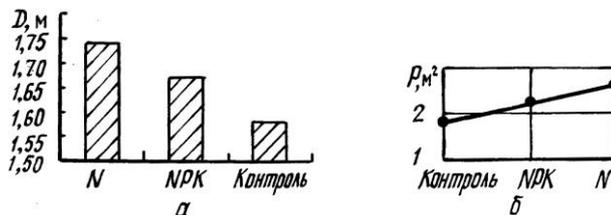


Рис. 2. Распределение числа деревьев по ступеням толщины: 1 – контроль; 2 – N; 3 – NPK

Рис. 3. Средний диаметр  $D$  (а) и площадь проекции кроны  $P$  (б) сосны обыкновенной для разных вариантов



женностью. На первых этапах роста культур сосны обыкновенной эти показатели, как правило, измерить невозможно. В стадии жердняка уже можно определить протяженность ствола до первого сука, до первой живой ветви и живой части кроны. Различия этих показателей в контроле и в опыте с удобрением оказались недостоверными. Однако другие показатели, характеризующие степень развития фотосинтезирующего аппарата при внесении удобрений, существенно возрастают: диаметр кроны на 8...11, площадь проекций кроны на 110...120% (рис. 3).

В заключение отметим, что для ускоренного выращивания культур сосны обыкновенной на бедных песчаных почвах удобрения следует вносить не реже, чем через 5 лет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М., 1984. – 424 с.
2. Ионин И. В., Корчагина М.П. Эффективность повторной подкормки культур сосны на осушенном верховом болоте в связи с составом и дозами удобрений// Удобрения и гербициды в лесных питомниках и культурах. – Петрозаводск: КарФ АН СССР, 1987. – С. 68–81.
3. Кузьмин И. А. Рост сосны и ели на удобренных и обработанных гербицидами площадях // Там же. – С. 81–93.
4. Куликова В. К. Изменение агрохимических свойств почвы при внесении минеральных удобрений// Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере. – Петрозаводск, 1977. – С. 24–41.
5. Чернобровкина Н.П. Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной. – СПб.: Наука, 2001. – 173 с.
6. Шубин В. И. Рост культур сосны при различной интенсивности внесения удобрений// Удобрения и гербициды в лесных питомниках и культурах. – Петрозаводск: КарФ АН СССР, 1987. – С. 68–81.

Петрозаводский государственный университет  
Поступила 17.05.03

*O.I. Gavrilova, I.T. Kishchenko*

### **Influence of Mineral Fertilizers on Scots Pine Growth on South Karelia Sand Soils**

Growth and development of Scots pine forest cultures on poor and dry soils of South Karelia are studied after a series of dressing. Comparison of diameter and height increment in the variants with complete mineral dressing and nitrogen dressing only is given. The data on afteraction period of fertilizers are provided.

УДК 674: 630\*161.2

*Э.А. Курбанов*

Курбанов Эльдар Аликрамович родился в 1965 г., окончил в 1989 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Марийского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных работ по вопросам оценки углеродного бюджета сосновых лесов Среднего Поволжья.



### **УГЛЕРОД В ПРОДУКТАХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ\***

Показано, что количество углерода в продуктах из древесины зависит от их терминального использования и скорости разложения на полигоне.

*Ключевые слова:* глобальное потепление, лесные экосистемы, баланс углерода, лесоматериалы.

Вопросы депонирования углерода (С) и его резервуаров приобретают все большее значение во всем мире с принятием большинством государств рамочной конвенции ООН по изменению климата и ее киотских соглашений. Россия, обладая огромными лесными ресурсами, могла бы получить значительные дивиденды от предусмотренных мероприятий. В частности, выполнение совместных проектов могло бы дать хороший стимул для развития лесной отрасли [4].

В последние годы проведено много исследований роли лесов в глобальном цикле углерода и потенциала лесных экосистем, депонирующих углерод в своей биомассе [3, 8–11, 13, 15–18, 21]. Большинство авторов этих работ рассматривают лесные насаждения, но некоторые включают также и продукцию деревообрабатывающей промышленности (далее продукты). Например, С. Row и R. Phelps [20] разработали модель, демонстрирующую содержание углерода в древесине с момента ее заготовки до конечного использования. R.C. Dewar и M.G. Cannell [12] исследовали углеродные потоки в древостое, почве и лесоматериалах различных лесных насаждений Великобритании в зависимости от условий их местопроизрастания. А.С. Исаев и др. [2] дали развернутый анализ структуры и состояния лесного фонда России, оценку бюджета углерода в лесных экосистемах, а также рассмотрели потенциальные возможности его депонирования лесной растительностью. W.A. Kurz и др. [19] определили запасы углерода и его потоки в лесных насаждениях и продуктах из древесины за один год в Канаде.

Первый период депонирования углерода включает фиксацию  $\text{CO}_2$  в процессе фотосинтеза лесными насаждениями в ходе их роста. Этот период зависит от породного состава, оборота рубки и нарушений насаждения

\* Поддерживается грантом INTAS Европейского союза № YSF00–7.

(пожары, вредители, болезни и т. п.). Второй период начинается с момента заготовки леса и его переработки в различные продукты и изделия. В этот период определенная часть углерода возвращается в атмосферу в процессе сжигания и разложения древесины, но значительная часть остается в изделиях из нее и на полигоне твердых бытовых отходов.

Цель наших исследований – оценить углеродный баланс и выявить процессы распределения углеродных потоков в продуктах из древесины, произведенных в Республике Марий Эл. Работа проведена с использованием статистических данных об ежегодной заготовке и переработке древесины [1, 6, 7]. В исследованиях выделены этапы: заготовка и переработка древесины в лесоматериалы, эксплуатация этих продуктов и разложение на полигоне твердых бытовых отходов. Период моделирования потоков и запасов углерода принят 100 лет.

*Углерод в заготовленной древесине.* Трансформация древесины в лесоматериалы, продукты и дрова основывается на средней заготовке леса по главному и промежуточному пользованию в Республике Марий Эл в течение пяти лет (1996–2001 гг.).

Объем ствола конвертировался в сухую массу и углерод по формулам

$$M = PV; C_m = C_c M,$$

где  $M$  – сухая масса ствола, кг;

$V$  – объем ствола, м<sup>3</sup>;

$P$  – плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>;

$C_m$  – масса углерода древесной породы;

$C_c$  – содержание углерода в древесине.

Плотность древесины в абс. сухом состоянии принимали для каждой породы по существующим нормативам, а содержание углерода в древесине в среднем принято 0,52 от абс. сухой массы [17].

*Углерод в лесопроизводстве* оценивали на основе модели, которая трансформирует заготовленную древесину в различные изделия из нее. При этом прослеживается весь период жизни продукта до эмиссии углерода обратно в атмосферу (рис. 1). Результаты вычислений учитывают ежегодное количество углерода в изделиях из древесины, находящихся в пользовании и на полигоне твердых бытовых отходов.

Средний ежегодный поток углерода ( $ПС_t$ ) в изделиях из древесины вычисляют по формуле

$$ПС_t = (CZ_{0t} - ЭД_t)/t,$$

где  $CZ_{0t}$  – углерод в заготовленной древесине в начале моделирования;

$ЭД_t$  – эмиссия углерода в отходах деревообработки;

$t$  – время, лет.

В связи с тем, что изделия из древесины в течение всего времени изымаются из оборота, поток  $C$  в древесных изделиях ( $ПИ_t$ ), находящихся в пользовании, вычисляется как

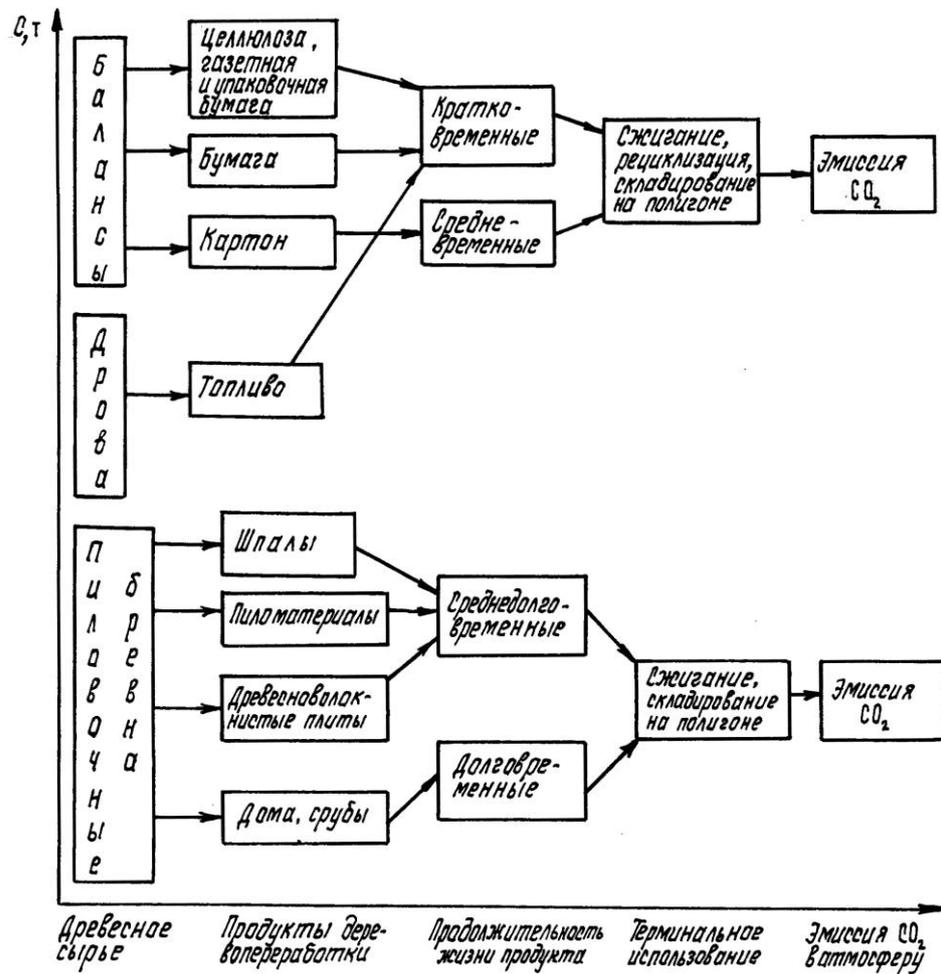


Рис. 1. Схема использования продуктов деревопереработки

$$ПИ_i = (ПС_i - СП_i)/t,$$

где  $СП$  – углерод в изделиях из древесины на полигоне твердых бытовых отходов.

Поток углерода ( $ПП$ ) для древесных продуктов на полигоне вычисляется как

$$ПП_i = (СП_i - ЭР_i)/t,$$

где  $ЭР$  – выделившийся в атмосферу углерод в процессе разложения продуктов на полигоне.

Общий запас  $C$  в продуктах из древесины ( $M_c$ ) вычисляется как сумма двух потоков ( $ПИ_i$  и  $ПП_i$ ).

Вся древесина была подразделена на три категории: пиловочные бревна, балансы и отходы. Древесина в Республике Марий Эл используется

Таблица 1

Группа продуктов по продолжительности использования	Параметры для вычислений				Пило-воч-ник	Строитель-ные бревна, ДВП, шпальник	Бумага и кар-тон	Целлю-лоза	Дрова
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>					
Кратковременные	120	5	0,5	120	–	–	34	14	100
Средневременные	120	5	0,065	120	50	50	66	86	–
Долговременные	120	5	0,03	120	50	50	–	–	–

\* Полученная химическим способом.

в виде строительных бревен, пиловочника, фанеры, целлюлозы, бумаги, дров.

Все продукты по продолжительности их использования подразделяли на три группы: кратко-, средне- и долговременные. Кратковременная группа включает древесное топливо; газетную, упаковочную, переплетную и писчую бумагу. К средневременным продуктам отнесены часть пиловочника и фанеры, все остальные – долговременные продукты.

Продолжительность использования продуктов деревообработки [20] вычисляли по формуле

$$p_i = d - \frac{a}{1 + b \exp(-ct)},$$

где

$p_i$  – группа используемого продукта;  
 $a, b, d$  (без единиц),  $c$  (год<sup>-1</sup>) – параметры.

Полученные данные занесены в табл. 1.

Когда кончается срок эксплуатации продукта деревопереработки, он может быть подвергнут рециклизации, использован в качестве топлива и/или помещен на полигон твердых бытовых отходов. При сжигании такого продукта углерод сразу выделяется в атмосферу, в то время как на полигоне он медленно разлагается в зависимости от анаэробных условий.

*Основы вычислений.* Расчеты производят с учетом всей продолжительности использования продукта, определяя возможность группы продуктов сохранять углерод. Вычисления учитывают содержание С в группе продуктов, полученных в первый год, который берется за начало исследований, а также его «утечку» на различных фазах использования продукта (рис. 2). При этом принимают во внимание следующие положения:

основная масса углерода находится в продуктах деревопереработки, а остальная выделяется в атмосферу при гниении и сжигании побочных продуктов (опилки, кора и т. п.) и дров;

продукты находятся в эксплуатации или на полигоне бытовых отходов;

исчерпавшие свой срок древесные продукты могут быть подвергнуты рециклизации, сожжены для производства энергии или складированы на полигоне твердых бытовых отходов;

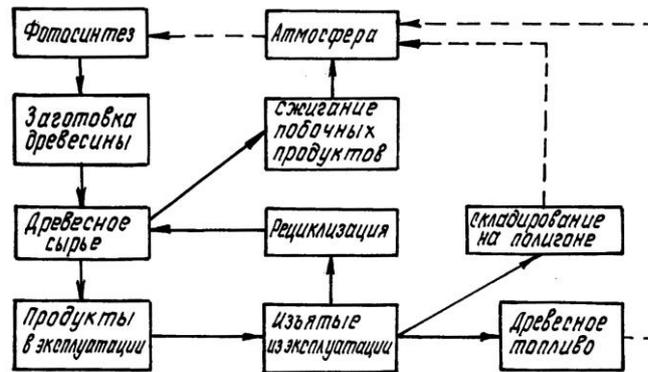


Рис. 2. Освобождение углерода из продуктов деревопереработки

при изъятии из эксплуатации: 40% продукта сжигалось и 60 % оставалось на полигоне;

скорость разложения продуктов на полигоне составляла 5 % в год. Этот показатель в большей степени зависит от аэробных условий и наличия влаги, поэтому в каждом конкретном случае он может изменяться;

продолжительность освобождения углерода из продуктов деревопереработки рассматривалась в течение 100 лет.

В работе был проанализирован вариант баланса углерода в продуктах деревообработки, основанный на данных средних ежегодных заготовок ликвидной древесины от рубок промежуточного и главного пользования в Республике Марий Эл за период 1995–2000 гг. на площади 30 тыс. га лесного фонда. В течение этого времени заготовка древесины от рубок главного пользования сократилась от 0,9 до 0,5 млн м<sup>3</sup>. Запас углерода в заготовленной ликвидной древесине, в том числе от промежуточного пользования, в среднем за исследуемый период ежегодно составлял 296 тыс. т (1008 тыс. м<sup>3</sup>), из которого 28 % (66 тыс. т) представлено хвойными породами (сосна, ель) и 72 % (230 тыс. т) – лиственными (в основном березой и осиной).

*Углерод в лесоматериалах.* Количество углерода в ежегодно заготавливаемой деловой древесине составило 178, дровяной – 118 тыс. т. Углерод в деловой древесине распределился по сортаментам: пиловочник – 116, балансы – 32, строительные бревна – 23, шпальник – 5, технологическое сырье – 2 тыс. т.

*Углерод в продуктах деревопереработки.* В конечном итоге, с учетом потерь с отходами деревообрабатывающего производства, углерод в лесопродуктах и дровах по продолжительности срока существования распределился таким образом, как показано в табл. 2.

Древесина, использованная для производства первоначальной группы продуктов, содержала 178 тыс. т углерода (табл. 3). При распиловке пиловочного сырья, составляющего до 65 % от общей заготовленной деловой древесины, образуются кусковые отходы, опилки и кора. Общий выход

Таблица 2

Группа продуктов	Содержание С, тыс. т.			
	первоначальное	через		
		10 лет	20 лет	30 лет
Кратковременные	40	14	0	0
Средневременные	67	55	35	12
Долговременные	18	17	15	12
Дрова	118	15	0	0

Таблица 3

Компонент	Потоки углерода, тыс. т, в течение, лет								
	1	5	10	20	30	40	50	75	100
Процесс производства продукта:									
Заготовка древесины	178	178	178	178	178	178	178	178	178
Отходы деревоперерабатывающей промышленности	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Конечный продукт	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Эксплуатация продукта:									
Произведенные продукты	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Изъятые из пользования	–	12	38	74	101	107	111	117	119
Продукты в эксплуатации	125	113	87	51	24	18	14	8	6
Терминальное (конечное) использование продуктов:									
Сжигание продуктов	–	5	15	30	40	43	44	47	48
Отходы на полигоне	–	7	23	44	61	64	67	70	71
Разложение на полигоне	–	–	18	31	46	55	61	66	70
Продукты на полигоне твердых бытовых отходов	–	7	5	13	15	9	6	4	1
Баланс:									
Конечный продукт	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Сжигание продуктов	–	5	15	30	40	43	44	47	48
Разложение на полигоне	–	–	18	31	46	55	61	66	70
Депонирование	125	120	92	64	39	27	20	12	7

отходов после первичной и вторичной деревопереработки достигает 30 % [1]. В настоящее время в Республике Марий Эл данный вид отходов не используется и в лучшем случае сжигается или остается на полигоне. В этом случае углерод отходов непосредственно выделяется в атмосферу в процессе горения и разложения.

В течение моделируемого периода (100 лет) из пользования изъято 119 тыс. т углерода, заключенного в продуктах деревопереработки. Из них 48 тыс. т сожжены, а 71 тыс. т помещена на полигоне твердых бытовых отходов. В процессе разложения продуктов деревопереработки в атмосферу выделилось 70 тыс. т. Общее количество углерода, депонированного в про-

дуктах, находящихся в пользовании и на полигоне на конец моделирования, за вычетом сожженных и разложившихся продуктов составило 7 тыс. т.

В 90-е гг. в Республике Марий Эл из ежегодно заготавливаемой древесины (296 тыс. т углерода) около 42 % (125 тыс. т) перерабатывалось в различные продукты. Остальной депонированный углерод (58 %) возвращался в атмосферу при сжигании древесного топлива и разложении отходов переработки. Через 20 лет с момента заготовки древесины количество углерода в продуктах деревопереработки в эксплуатации и на полигоне достигло 29 и 7 % соответственно от первоначально заготовленной древесины, а через 75 лет – 4 и 2 %.

Анализ баланса углерода показал, что его количество в продуктах деревопереработки в большей степени зависит от терминального (конечного) использования и скорости разложения на полигоне. Продление срока возможно при увеличении производства долговременных продуктов деревопереработки и складировании продуктов на полигоне твердых бытовых отходов после их изъятия из оборота эксплуатации.

Исследования содержания углерода в продуктах деревопереработки проводились для гипотетического периода 100 лет, практически совпадающего с оборотом рубки основных хвойных пород региона, из древесины которых изготавливают продукты средне- и долговременного пользования. Этим достигается непрерывность депонирования и сохранения углерода лесным насаждением – существование углерода в долговременном древесном продукте совпадает с периодом роста самого леса.

Общая способность продуктов сохранять углерод, выражаемая отношением объема углерода в произведенных продуктах к ежегодно заготавливаемому объему древесного углерода, для Республики Марий Эл составляет 42 %. Для сравнения скажем, что в США этот показатель равен 61 % [13], в Финляндии – до 68 % [15]. Низкий показатель эффективности деревообрабатывающей промышленности в депонировании углерода в Республике Марий Эл объясняется тем, что большое количество древесины сжигается в виде топлива и нерационально используются отходы первичной и вторичной переработки древесины. Нерешенным остается вопрос рециклизации продуктов деревопереработки. Потребление вторичных ресурсов играет заметную роль в экономике многих ведущих стран. Утилизация всех ценных отходов превращается в одну из главных социально-экономических и технических проблем устойчивого развития общества. Потребление рециклированной бумаги выросло от 20 % в 1965 г. до 40 ... 52 % (Франция, Германия, Япония) и даже 68 % (Англия, Нидерланды, Израиль) в 1996 г. [4]. В Республике Марий Эл, как и в целом в России, до сих пор не уделяют должного внимания данному направлению в использовании отходов. В республике из отходов деревообрабатывающей и бумажной промышленности перерабатывается только макулатура. Все остальные отходы в лучшем случае поступают на полигоны твердых бытовых и промышленных отходов.

Предложенная модель расчета потоков углерода в продуктах деревопереработки может быть дополнена другими вариантами, исходящими из

полной вырубке расчетной лесосеки, оптимального терминального использования и рециклизации продуктов после эксплуатации. Исследования могут способствовать уточнению оценки регионального бюджета углерода лесных насаждений и лесного сектора в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Марий Эл в 1998 году. – Йошкар-Ола: Мин-во экологии и природопользования Республики Марий Эл, 1999. – 190 с.
2. Исаев А.С. и др. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, В.И. Сухих и др. – М.: Центр экологической политики России, 1995. – 155 с.
3. Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 248 с.
4. Курбанов Э.А. Новые возможности использования лесов Поволжья в свете международных обязательств России по изменению климата // Глобальное потепление и леса Поволжья: Материалы международ. науч.-практ. семинара. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – С. 5–18.
5. Курбанов Э.А., Яковлев И.А. Международные аспекты устойчивого управления лесами: Учеб. пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 180 с.
6. Промышленность России: Стат. сб. / Под ред. А.Е. Суринова. – М.: Госкомстат России, 2000. – 300 с.
7. Регионы России: Стат. сб. в 2-х т. / Под ред. В.И. Галицкого. – М.: Госкомстат России, 1999.
8. Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. В.А. Алексева, Р.А. Бердси. – Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1994. – 170 с.
9. Усольцев В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 540 с.
10. Уткин А.И. Углеродный цикл и лесоводство // Лесоведение. – 1995. – № 5. – С. 3–20.
11. Cannell M.G.R. Forest and the global carbon cycle in the past, present and future // Research report 2, EFI: Joensuu, 1995. – 66 p.
12. Dewar R.C., Cannell M.G. Carbon sequestration in the trees, products and soils of forest plantations: an analysis using UK examples // Tree Physiology. – 1992. – N 11. – P. 49–71.
13. Harmon M.E., Harmon J.M., Ferrell W.K. Modeling carbon stores in Oregon and Washington forest products: 1900-1992 // Climatic change. – 1996. – N 33. – P. 521–550.
14. Karjalainen T. Dynamics of the carbon flow through forest ecosystems and the potential of carbon sequestration in forests and wood in Finland: Academic Dissertation. – Faculty of forestry, University of Joensuu, 1996. – 80 p.
15. Karjalainen T., Kellomaki S., Pussinen A. Role of wood-based products in absorbing atmospheric carbon // Silva Fennica. – 1994. – Vol. 28, N 2. – P. 67–80.
16. Kolchugina T.P., Vinson T.S. Role of Russian forests in the global carbon cycle // Ambio. – 1995. – Vol. 24, N 5. – P. 258–264.
17. Kurbanov E.A. Carbon in pine forest ecosystems of Middle Zavolgie // Internal report of the European Forest Institute. – Joensuu: EFI, 2000. – 80 p.

- 
18. *Kurbanov E., Krankina O.* Woody detritus in temperate pine forests of Western Russia // *World Resources Review*. – 2000. – Vol.12, N 4. – P. 741–754.
19. *Kurz W. A.* a.o. The carbon budget of the Canadian forest sector: Phase I. for Canada / *W.A.Kurz, M. J. Apps, T.M. Webb, P.J. McNamee*. – Edmonton, 1994. – 93 p.
20. *Row C., Phelps R.* Tracing the flow of carbon through U.S. forest product sector // Presentation at the 19<sup>th</sup> World Congress, IUFRO, 1990.
21. *Sokolov P.A., Kurbanov E.A.* Estimation of organic carbon stocks in crown phytomass of pine stands in the Central Povolgie region of Russia // *Environmental Management and Health*. – 1997. – Vol. 8, N 2. – P. 88–93.

Марийский государственный  
технический университет

Поступила 26.02.02

*E.A. Kurbanov*

### **Carbon in Wood-based Products of Mari El Republic**

Amount of carbon in wood-based products is shown to depend on its terminal use and decay speed in landfills.

---

УДК 630\*165.6: 581.45.035: 543.422.4

**С.П. Зыков**

Зыков Сергей Петрович родился в 1976 г., окончил в 1999 г. Марийский государственный технический университет, аспирант, заведующий лесобиологической лабораторией МарГТУ. Имеет 10 печатных работ в области диагностики устойчивости растений.



## **МЕТОД РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ИНТЕНСИВНОСТИ РОСТА И ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ**

В целях отбора наиболее перспективных растений приводится метод диагностики интенсивности их роста и засухоустойчивости по коэффициенту проходящего инфракрасного излучения.

*Ключевые слова:* метод, засухоустойчивость, оптические свойства растений, коэффициент проходящего инфракрасного излучения, отбор.

Ранняя диагностика – это выявление у молодых растений задатков, потенциальных возможностей развития отдельных признаков и свойств, отражающих их генетические особенности, позволяющих предсказать с определенной вероятностью уровень развития этих признаков у взрослых растений в определенных условиях среды [7].

Особенно большое внимание ранней диагностике уделяют в последние годы, когда почти повсеместно стали проводить работы по отбору, проверке наследственных качеств и размножению плюсовых деревьев. При отборе таких деревьев по фенотипу не всегда удается определить степень продуктивности и устойчивости их потомства, поэтому лесоводы вынуждены искать методы его косвенной оценки. В настоящее время уже найден ряд признаков, по которым можно предсказать интенсивность роста и различные показатели устойчивости растений на ранних этапах онтогенеза [3, 5–7], однако в связи с высокой трудоемкостью существующих методов разработки в этой области остаются актуальными.

Одним из признаков устойчивости растений является засухоустойчивость. Накопленная информация косвенно свидетельствует, что состояние водного режима древесных растений не может не отразиться на их оптических свойствах. Поэтому представляют интерес исследования поглощения, отражения и пропускания светового излучения листьями растений.

Изучение оптических свойств растений показало, что поглощение солнечных лучей зависит от морфологических и анатомических свойств листьев [1, 4, 8].

Разработанный нами метод заключается в следующем. На исследуемый образец листьев направляется луч излучения области, близкой к инфракрасному спектру. Попадая на поверхность листа, часть излучения отражается, часть поглощается при прохождении через ткани листа, остальное проходит насквозь. В зависимости от свойств образцов (химический состав, морфологическое строение и т. д.) изменяются оптические коэффициенты, по которым можно судить об этих свойствах.

Наши исследования показали, что коэффициент отраженного инфракрасного излучения при облучении тонкого образца (каким являются листья растений) практически одинаков для различных материалов и составляет 22 ... 24 % (при падении света перпендикулярно плоскости листа). Коэффициенты поглощенного и проходящего инфракрасного излучения варьируют в широком диапазоне. Так как зависимость между ними строго обратная (чем больше коэффициент поглощенного излучения, тем меньше коэффициент проходящего, и наоборот), для диагностики свойств материалов достаточно измерить один из них. Непосредственное измерение коэффициента поглощенного излучения затруднительно, поэтому на практике измеряют коэффициент проходящего излучения.

Коэффициент поглощения инфракрасного излучения листьями растений определяется несколькими составляющими: плотностью тканей листа, их строением, количеством воды и других компонентов и т. д.

Нами установлена прямая корреляция между коэффициентом проходящего инфракрасного излучения (ПИКИ) и количеством воды в тканях листьев растений: чем больше воды содержат ткани листа, тем выше коэффициент проходящего ИК-излучения. Чем больше плотность тканей листьев растения (выше содержание сухого вещества, меньше межклетники и т. д.), тем ниже коэффициент проходящего излучения.

Биологический механизм связи между коэффициентом ПИКИ сухого образца и засухоустойчивостью заключается в следующем: растения, приспособившиеся к засушливым условиям, отличаются особой анатомо-морфологической структурой, которую называют «ксероморфной» [2]. Признаки, характерные для растений с ксероморфной структурой, обеспечивают большую плотность тканей листьев растения, засухоустойчивость и меньшее значение коэффициента ПИКИ сухого образца.

Следовательно, повышение большинства показателей, увеличивающих водоудерживающую способность и засухоустойчивость растений, приводит к уменьшению коэффициента проходящего ИК-излучения. Исключение составляет содержание влаги в листьях растений – показатель, повышение которого увеличивает коэффициент ПИКИ, но это может зависеть и от других факторов.

В связи с этим для диагностики засухоустойчивости растений по коэффициенту ПИКИ необходимо было устранить составляющую, приводящую к неоднозначности результатов измерений.

С учетом перечисленных особенностей нами разработан метод диагностики засухоустойчивости и продуктивности древесных растений по коэффициенту ПИКИ.

Предлагаемый метод заключается в следующем. Определяют морфофизиологические показатели растительных тканей, в качестве которых используют сформировавшиеся здоровые, неповрежденные листья одного адреса в кроне растения, сорванные и высушенные в естественных условиях. С перечисленными выше признаками, обеспечивающими повышение засухоустойчивости, детерминирована способность листьев поглощать и пропускать инфракрасное излучение. Способ основан на облучении листьев направленной энергией электромагнитного излучения ближней области инфракрасного спектра (от 0,75 до 2,50 мкм) с одновременной регистрацией прошедшего сигнала. При этом чем меньше коэффициент прошедшего излучения, тем больше засухоустойчивость растения.

Для исследования засухоустойчивости отбирают и нумеруют растения, диагностику которых необходимо произвести. У каждого пронумерованного растения берут по 5 здоровых, неповрежденных листьев одного адреса в кроне растения. Собранные листья протирают чистой тряпочкой от пыли и раскладывают для сушки. Сушку прекращают при полном высыхании (когда лист перестает терять влагу), и производят замер проходящего через лист потока излучения ближней области инфракрасного спектра. Мощность излучения, время воздействия и единицы измерения потока излучения определяются параметрами измерительных приборов (обычно мощность излучения лежит в пределах 5 ... 500 мВт, быстродействие не более 10 мс, излучение может измеряться в ваттах – непосредственно мощность, вольтах, амперах и т. д.).

Данные замеров представляют в виде таблицы.

Затем вычисляют коэффициент пропускания энергии электромагнитного излучения  $T$  как отношение потока излучения  $I_{пр}$ , прошедшего через образец, к падающему на него излучению  $I_0$ :

$$\dot{O} = \frac{I_{пр}}{I_0}.$$

Далее рассчитывают коэффициент пропускания энергии электромагнитного излучения по всем листьям  $T_p$  как среднее значение коэффициентов пропускания энергии электромагнитного излучения пяти листьев данного растения  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$ :

$$T_{\delta} = \frac{\dot{O}_1 + \dot{O}_2 + \dot{O}_3 + \dot{O}_4 + \dot{O}_5}{5}.$$

К засухоустойчивым относят растения, у которых  $T_p > T_{cp} + \sigma$ , к промежуточным –  $T_{cp} - \sigma < T_p < T_{cp} + \sigma$ , к чувствительным –  $T_p < T_{cp} - \sigma$ , где  $T_{cp}$  – среднее значение коэффициента пропускания энергии электромагнитного излучения исследуемых растений,  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение от  $T_{cp}$ .

Чем меньше коэффициент прошедшего излучения, тем более засухоустойчивым и продуктивным является растение.

Для измерения коэффициента ПИКИ нами разработан специальный прибор.

Прямая зависимость между засухоустойчивостью и коэффициентом ПИКИ сухого образца листьев растения установлена для следующих видов древесных растений: березы бородавчатой, дуба черешчатого, черемухи обыкновенной, клена остролистного, сирени обыкновенной, тополя дрожащего, ольхи серой и др., а также для растений закрытого грунта – колокольчика, роцеиссуса, колеуса, сеньполии, розана, циперуса, бересклета японского, бегонии, плюща воскового, пиперомии.

Метод опробован на лесосеменной плантации дуба черешчатого. Проведена сравнительная диагностика полусибсов 14 плюсовых деревьев по разработанной методике и параллельно по водоудерживающей способности листьев растений ( $t_{50}$  – времени критического обезвоживания) [5]. Корреляционная связь между коэффициентом ПИКИ и  $t_{50}$  – от значительной до очень высокой. Так, например, в пределах растения среднее значение коэффициента корреляции 0,91, между растениями в пределах полусибсовой семьи – 0,83, по всем растениям на лесосеменной плантации дуба – 0,69.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа показывают, что взаимовлияние  $t_{50}$  и коэффициента ПИКИ достоверно, доля влияния соответственно 42,5 и 39,9 %.

Подводя итоги, можно сказать, что характеристика изученных растений на засухоустойчивость по разработанной нами методике совпадает с полученной методом определения водоудерживающей способности листьев [5] и обеспечивает экономию трудозатрат до 50 ... 70 %.

Предлагаемый нами метод может быть рекомендован для сравнительной диагностики отдельных растений по степени засухоустойчивости, для отбора наиболее перспективных саженцев при создании посадок, в научных исследованиях. Он достаточно прост, не требует сложного оборудования и дает возможность быстро оценить большое количество растений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандт А.Б., Тагеева С.В. Оптические параметры растительных организмов. – М.: Наука, 1967. – 301 с.
2. Вальтер Г. Растительность земного шара. Т. 1. Эколого-физиологическая характеристика. – М.: Прогресс, 1968. – 552 с.
3. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. – М.: Наука, 1982. – 280 с.
4. Косулина Л.Г., Луценко Э.К., Аксенова В.А. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1993. – 240 с.
5. Котов М.М. Отбор сеянцев сосны для лесосеменных плантаций // Лесн. хоз-во. – 1995. – № 1. – С. 44–46.

6. Орленко Е.Г. Методы ранней диагностики при оценке наследственных свойств плюсовых деревьев. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1971. – 47 с.

7. Шевченко Р.Г. Функциональная диагностика адаптивных свойств древесных растений и перспективы ее использования в лесной селекции: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Брянск, 1997.

8. Шульгин И.А. Растение и солнце. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 252 с.

Марийский государственный  
технический университет

Поступила 18.06.02

*S.P. Zykov*

### **Method of Early Diagnostics of Growth Intensity and Drought Resistance of Deciduous Wood Plants**

The diagnostics method of the plant growth intensity and drought resistance based on the pierced infrared radiation coefficient is provided aiming at selecting the most perspective plants.

---

УДК 630\*228.3

**С.В. Ильчуков**

Ильчуков Сергей Васильевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Сыктывкарский государственный университет, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 26 печатных работ в области лесовосстановления и пространственной структуры насаждений.



### **ДИНАМИКА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДНЫХ ЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ**

Рассмотрена динамика распределения и характера размещения лиственных деревьев в производных древостоях в зависимости от биологических и экологических особенностей их роста и развития, степени воздействия лесозаготовительной техники на исходный эдафотоп.

*Ключевые слова:* лиственные породы, горизонтальная структура насаждений, распределение деревьев.

В определенных лесорастительных условиях количество и качество деревьев, дифференциация по классам роста, диаметра и высоты, устойчивость против климатических и биотических повреждений и, в конечном счете, рост, развитие и естественное изреживание, прирост, запас и общая продуктивность древостоев напрямую зависят от их горизонтальной и вертикальной структуры [9, 16].

Исследования Б.А. Быкова [2], Л.Г. Раменского [14] и А.П. Шенникова [18] показали, что характер размещения древесных растений на участке зависит от этапов развития производного ценоза: в фазе заселения – неравномерное (мозаичное); смыкания крон – раздельно-групповое; дифференциации деревьев по классам роста с последующим самоизреживанием – сомкнуто-групповое (куртинное); спелости и распада древостоя – равномерное (диффузное). В настоящее время накоплен большой фактический материал о типах размещения хвойных деревьев в сосняках [1, 3, 4, 7, 8, 11, 17, 19], ельниках [12, 13] и лиственничных лесах [5], однако размещение деревьев лиственных пород в производных древостоях менее изучено вследствие высокой возрастной динамичности и числа деревьев. Поэтому при исследовании пространственно-ценотической структуры молодняков особое внимание мы обращали на распределение и характер размещения деревьев березы, осины и ивы в насаждениях разного возраста.

Объектами для изучения пространственной структуры производных насаждений послужили 9 координатных постоянных пробных площадей (ППП), заложенных на вырубках 5–50-летней давности из-под ельников зеленомошной группы типов леса с учетом технологических схем проведения рубок (Республика Коми, Железнодорожный лесхоз, Кылтовское лесничест-

во), на которых было проведено сплошное картирование всех древесных растений высотой более 10 см. С помощью оригинальных методических приемов моделирования хода роста отдельных деревьев на каждую из них составляли ретроспективные, современные и прогнозные модели таксационных показателей [6].

Для определения типа размещения древесных растений по площади с помощью подпрограммы Post в программе Surfer Version 6.04 составляли ретроспективные, современные и перспективные планы расположения растущих деревьев для каждой ППП. Эти схемы разбивали на квадратные учетные площадки, площадь которых для конкретного насаждения в разном возрасте соответствовала рассчитанной средней площади питания одного дерева [10].

После подсчета количества учетных площадок без деревьев, с одним, двумя, тремя и большим числом растений вычисляли показатель индекса рассеяния ( $I$ ) по формуле, предложенной Р.А. Фишером и др. [15]:

$$I = \frac{\left( \sum_{x=0}^m x^2 n_x - \frac{N^2}{n} \right) n}{N - 1},$$

где  $x = 0, 1, 2, \dots, m$  деревьев на учетной площадке;

$n_x$  – число учетных площадок с  $0, 1, 2, \dots, m$  деревьями;

$n$  – общее число заложённых на пробной площади учетных площадок;

$N$  – количество подроста или деревьев на пробной площади.

При  $I < 1$  – регулярный тип размещения растений; при  $I \approx 1$  – рассеянный тип; при  $I > 1$  – групповой тип размещения.

Индекс рассеяния определяли как для всех лиственных деревьев на пробной площади, так и отдельно для каждой породы.

Данные табл. 1 показывают высокую динамичность распределения деревьев лиственных пород в производных насаждениях. Это связано как с биологией развития лиственных древесных растений, так и со степенью нарушения эдафотопы в ходе проведения сплошных рубок. На начальном этапе формирования производных насаждений на открытых и полукрытых участках лесосеки наблюдается закономерное увеличение плотности лиственной поросли на единице площади. Несмотря на небольшие размеры учетных площадок ( $0,3 \dots 0,4 \text{ м}^2$ ), их количество с тремя и более побегами достигает 10 % от общего числа заложённых площадок на трелевочных волоках (ППП 1) и 16,3 % на погрузочной площадке (ППП 2). Повторные переучеты на ППП 1 показали, что до фазы смыкания крон идет дальнейшее увеличение плотности лиственной поросли (от 10 до 14,8 %) за счет появления нового, в основном березового, самосева.

С увеличением техногенной нагрузки на эдафотоп в ходе проведения сплошной рубки древостоя возрастает степень сгруппированности лиственных побегов последующего возобновления: на трелевочных волоках че-

Таблица 1

**Динамика распределения и индекса рассеяния деревьев лиственных пород  
в производных насаждениях**

№ ППП	Период после рубки, лет	Состав древостоя	Доля учетных площадок, %, с числом деревьев					Индекс рассеяния
			0	1	2	3	≥ 4	
1	5	28Б23Ос37Ив12Рб	43,1	30,8	16,1	6,0	4,0	1,47
	10	35Б21Ос34Ив10Рб	36,9	31,1	17,2	7,8	7,0	1,80
2	10	35Ос22Б37Ив6Е	54,2	19,2	10,3	9,0	7,3	2,49
3	25	61Ос25Б14Ив	44,3	26,9	17,3	8,2	3,3	1,40
	35	62Ос23Б15Ив	50,0	27,4	13,9	6,0	2,7	1,34
	45	64Ос22Б14Ив	52,4	30,0	12,6	3,7	1,3	1,19
	55	72Ос22Б5Ив1Е	50,1	34,5	12,2	2,4	0,5	1,03
4	25	43Ос33Б22С2Ив	50,8	20,3	14,3	7,8	6,8	1,80
	35	43Ос29Б27С1Ив	55,3	22,3	10,7	5,8	5,9	1,60
	45	44Ос28С27Б1Ив	57,6	23,3	12,9	3,8	2,4	1,49
	55	46Ос28С26Б	60,8	25,0	9,1	3,0	2,1	1,35
5	25	88Б9Ос3Ив	36,8	35,8	16,3	6,6	4,5	1,27
	35	81Б14Ос5Ив	36,5	35,8	18,5	5,9	3,3	1,04
	45	75Б19Ос5Ив1Е	39,0	35,7	19,0	5,2	1,0	0,97
	55	73Б25Ос2Е	41,9	35,2	19,0	3,8	0,0	0,89
6	20	92Б8Е	40,8	21,3	19,8	12,4	5,6	1,85
	30	91Б9Е	45,8	23,3	16,2	10,7	4,0	1,64
	40	88Б12Е	48,4	25,8	15,6	6,9	3,3	1,44
	50	73Б27Е	48,6	29,5	14,3	5,6	2,0	1,23
7	20	98Б2Е	45,1	23,9	16,9	7,4	6,7	1,88
	30	97Б3Е	47,2	26,5	15,7	6,6	4,0	1,60
	40	91Б9Е	52,3	27,0	13,0	5,7	2,0	1,41
	50	77Б23Е	49,0	29,1	14,6	7,3	0,0	1,04
8	25	98Б2Е	14,0	17,9	18,8	18,4	30,9	1,66
	35	96Б4Е	20,5	18,8	18,0	17,1	25,6	1,51
	45	95Б5Е	21,7	20,4	23,1	13,1	21,0	1,41
	55	94Б6Е	19,1	28,6	34,1	9,1	9,1	0,93

Продолжение табл. 1

№ ППП	Период после рубки, лет	Состав древостоя	Доля учетных площадок, %, с числом деревьев					Индекс рассеяния
			0	1	2	3	≥ 4	
9	35	72Ос19Б6Ив3Е	35,8	41,6	13,9	6,3	2,4	1,18
	45	69Ос19Б9Е3Ив	42,0	39,2	12,0	5,2	1,6	1,03
	55	69Ос14Б16Е1Ив	61,4	30,4	6,8	1,4	0,0	0,98
	65	60Ос32Е8Б	73,2	23,8	3,0	0,0	0,0	0,91

рез 10 лет после рубки индекс рассеяния составил 1,80 (ППП 1), а на погрузочной площадке – 2,49 (ППП 2).

После рубки древостоя, в составе которого велика доля березы, на территории лесосеки образуется большое число березовых био групп из пне-вой поросли. Это приводит к увеличению числа учетных площадок с тремя и более деревьями (ППП 6, 7 и 8) и степени сгруппированности в целом деревьев лиственных пород на вырубке ( $I = 1,66 \dots 1,88$  в 20-летнем возрасте). В производных березняках семенного происхождения, формирующихся на паловых вырубках, самосев размещается более равномерно (ППП 5).

Аналогичная картина наблюдается при наличии в составе производного насаждения био групп из 8 ... 10 стволов ивы пятитычинковой (ППП 3), которые распадаются только через 50 лет после рубки. Индекс рассеяния здесь достигает в 25-летнем возрасте 3,64 и медленно снижается к 55-летнему возрасту до 2,20.

В осинниках порослевого происхождения (ППП 3 и 9) число учетных площадок с тремя и более осинами 25–35-летнего возраста составляет всего 1 ... 3 %, так как корнеотпрысковые осино-вые побеги появляются на вырубке на некотором расстоянии друг от друга. В результате индекс рассеяния в насаждениях с преобладанием осины уменьшается, что показывает более равномерное размещение деревьев по площади выруб-ки.

Несмотря на то, что вследствие интенсивной дифференциации и самоизреживания средняя площадь питания одного растущего дерева в ли-ственных насаждениях за 30-летний период увеличивается в 2–6 раз, число учетных площадок с одним и двумя деревьями держится на постоянном уровне (табл. 1), что также свидетельствует о диффузном размещении де-ревьев.

Для корректного расчета динамики размещения лиственных деревь-ев отдельно по породам все ретроспективные, современные и прогнозные планы расположения деревьев разбили на учетные площадки одного размера  $5 \times 5$  м с последующим расчетом индексов рассеяния. Имитацион-ное моделирование динамики размещения деревьев лиственных пород показывает, что тип их размещения с возрастом закономерно меняется от группового к регулярному: в среднем индекс рассеяния уменьшается от

Таблица 2

**Динамика индекса рассеяния деревьев лиственных пород  
(учетная площадка 5 × 5 м)**

Порода	Возраст насаждения, лет						
	20	30	40	50	60	70	80
Береза	2,48	1,76	1,39	1,14	0,98	0,84	0,73
Осина	3,03	1,92	1,36	1,03	0,79	0,60	0,48
Ива	2,70	1,90	1,50	1,26	–	–	–

2,5 ... 3,0 в 20-летних молодняках до 0,5 ... 0,7 в 80-летних спелых насаждениях (табл. 2).

Такой быстрый переход от группового к равномерному типу размещения связан со слабой теневыносливостью лиственных пород, приводящей к интенсивному отпаду в загущенных березовых, ивовых и осиновых биогруппах особей, отставших в росте и попавших под полог деревьев-лидеров. Поэтому в лиственных насаждениях старших классов возраста деревья-лидеры равномерно размещаются по площади, что исключает перекрытие крон соседних деревьев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузыкин А.И. и др. Анализ структуры древесных ценозов / А.И. Бузыкин, В.Л. Гавриков, О.П. Секретенко, Р.Г. Хлебопрос. – Новосибирск: Наука, 1985. – 94 с.
2. Быков Б.А. Введение в фитоценологию. – Алма-Ата: Наука, 1970. – 231 с.
3. Внучков В.Т. Горизонтальная структура древостоев сосны Казахского мелкосопочника // Лесоведение. – 1976. – № 5. – С. 56–62.
4. Гордина Н.П. Пространственная структура и продуктивность сосняков Нижнего Енисея. – Красноярск, 1985. – 128 с.
5. Грибанов В.Я. Пространственная структура сосновых и лиственничных древостоев // Продуктивность лесных фитоценозов. – Красноярск, 1984. – С. 44–49.
6. Ильчуков С.В. Методика моделирования хода роста производных насаждений. – Сыктывкар, 1999. – 24 с. – (Коми НЦ УрО РАН; Вып. 54).
7. Карманова И.В., Судницина Т.Н., Ильина Н.А. Пространственная структура сложных сосняков. – М.: Наука, 1987. – 201 с.
8. Кузьмичев В.В. Оценка продуктивности древостоев на основе анализа их строения // Вопросы лесоведения. – Красноярск, 1970. – Т. 1. – С. 446–459.
9. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 160 с.
10. Плотников В.В. Эволюция структуры растительных сообществ. – М.: Наука, 1979. – 275 с.
11. Поликарпов Н.П. Формирование сосновых молодняков на концентрированных вырубках. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 171 с.
12. Проскуряков М.А. Горизонтальная структура горных темнохвойных лесов. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 215 с.
13. Прудников Е.А. Ценогические особенности формирования структуры ельников: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Л.: ЛТА, 1989. – 16 с.

14. *Раменский Л.Г.* Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 620 с.
15. *Свалов С.Н.* Применение статистических методов в лесоводстве // Лесоведение и лесоводство. – 1985. – Т. 4. – С. 1–164.
16. *Тимофеев В.П.* Экспериментальное изучение естественного изреживания и продуктивности древостоев в зависимости от густоты посадки и ярусности лесных насаждений // Матер. по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. – Красноярск, 1963. – С. 25–42.
17. *Тябера А.П.* Вопросы территориального размещения деревьев в сосновых древостоях // Лесн. журн. – 1980. – № 5. – С. 5–8. – (Изв. высш. учеб. заведений).
18. *Шенников А.П.* Введение в геоботанику. – Л., 1964. – 447 с.
19. *Vincent P.I., Haworth J.M.* The detection of randomness in plant patterns // Jour. Biogeogr. – 1976. – Vol. 3, N 4. – P. 373–380.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Поступила 21.05.02

*S.V. Ilchukov*

### **Dynamics of Horizontal Structure of Secondary Deciduous Stands**

Dynamics of distribution and nature of deciduous trees' dislocation in the secondary stands have been considered depending on biological and ecological characteristics of their growth and development, degree of forest-harvesting influence on the original edaphotope.

---



УДК 630\*3

**А.Н. Фадеев**

Фадеев Александр Николаевич родился в 1973 г., окончил в 1995 г. Марийский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства МарГТУ. Имеет 20 печатных работ в области лесозаготовок и статистического моделирования.



### **ЗАТРАТЫ НА ПЕРЕБАЗИРОВКУ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Дано обоснование норматива времени на перебазировки лесозаготовительной техники и влияния их числа на эффективность лесозаготовок.

*Ключевые слова:* лесозаготовка, перебазировка бригад, нормы времени, численность лесосек, снижение объема заготавливаемой древесины.

Под лесозаготовками понимают изъятие древесины для бытовых и производственных (хозяйственных) нужд [6], что оказывает сильное антропогенное воздействие на окружающую среду (снижение качества и производительности высокопродуктивных древостоев после выполнения лесозаготовительных работ). Устранение негативных последствий потребует разработки все большего разнообразия способов и средств лесозаготовок [2].

Лесозаготовки – процесс случайный, стихийность его развития подтверждается практическим опытом многих стран. Эволюционный переход от стихийности к детерминированному ведению лесозаготовительных процессов возможен только на основе освоения законов и закономерностей, существующих в сообществах деревьев, а также их слияния с законами развития техники лесозаготовок [2].

А.К. Редькин [5] выделяет следующие особенности лесозаготовок.

1. Время разработки каждой лесосеки ограничено и исчисляется в зависимости от ее размеров и интенсивности рубки от нескольких дней до нескольких месяцев:

а) продолжительность разработки лесосеки точно рассчитать невозможно из-за возникновения непредвиденных обстоятельств (погодные условия, неисправность машин, непостоянство работоспособности рабочих и т. п.);

б) точность расчета продолжительности разработки лесосеки снижается с уменьшением ее размеров, запаса древесины и увеличением интенсивности работ, так как при сокращении длительности разработки лесосеки усиливается воздействие случайных причин;

в) цикл лесосечных работ происходит с переменной интенсивностью. Вначале ежедневные объемы рубок возрастают по мере завершения подготовительных работ и ввода в действие всех лесосечных машин, затем процесс стабилизируется, и, наконец, интенсивность освоения лесосеки убывает в связи с окончанием работ на отдельных операциях и переводом высвобождаемой техники и людей на новую лесосеку.

2. Необходима перебазировка лесосечных машин к новому участку по мере завершения работ на предыдущем:

а) при малых размерах лесосек время перебазировки вызывает существенное снижение производительности процесса лесозаготовок;

б) при расчете производительности лесосечных машин, оптимизации выбора их систем и технологий приходится учитывать не только способ рубок, рельеф, почвенно-грунтовые условия и таксационные характеристики, но и нестационарность процесса, его циклический характер и воздействие случайных величин.

Таким образом, размеры лесосек, прежде всего их площади, влияют на число переездов лесозаготовительных машин, определяют их производительность путем снижения общего объема лесозаготовок на определенный период времени (год, квартал, месяц), что требует более тщательного планирования лесозаготовительного процесса при малых размерах лесосек.

Существуют [4] нормы времени на погрузочно-разгрузочные работы вспомогательных сооружений (будки, маслогрейки и т. д.) при перебазировании. Последующие затраты связаны со скоростью и расстоянием переброски машин и оборудования.

Например, в рекомендациях [3] по планированию работы бригад время перебазировки ограничено одним днем. Норматив времени зависит от среднего объема хлыста, площади лесосеки, среднего запаса древесины на 1 га и выражается зависимостью

$$I_{\text{ад}} = \frac{I \hat{A} k_{\text{и.д}} i k_{\text{н}} (\dot{O}_{\text{е.а}} - \dot{O}_{\text{д.г}}) \dot{O}_{\text{г}}}{S_{\text{н.д}}^{\text{е}} g}, \quad (1)$$

где  $H_{\text{вр}}$  – норматив времени на перебазирование бригад, ч;

$HВ$  – норма выработки на 1 маш.-см. по ведущей операции, м<sup>3</sup>/см.;

$k_{\text{п.г}}$  – плановое задание (коэффициент) по росту производительности труда;

$n$  – число машин по ведущей операции, закрепленных за бригадой;

$k_{\text{см}}$  – коэффициент сменности, см./дн.;

$T_{\text{к.д}}$  – календарный фонд рабочего времени, дн.;

$T_{\text{т.о}}$  – норматив времени на техническое обслуживание, дн.;

$S_{\text{н.д}}^{\text{е}}$  – средняя площадь лесосеки, га;

$g$  – вырубемый запас на 1 га, м<sup>3</sup>;

$T_{\text{п}}$  – норматив времени на погрузочно-разгрузочные и транспортные работы за одну перебазировку, ч,

$$T_{\Pi} = H_{\Pi,р} + L / v_{\text{пер}}, \quad (2)$$

где  $H_{\Pi,р}$  – норма времени на погрузочно-разгрузочные работы, ч;

$L$  – расстояние перебазировки, км;

$v_{\text{пер}}$  – скорость переезда, км/ч.

По зарубежным данным [7], стоимость перебазировки ( $S$ ), например для лесозаготовительного комплекса бензопила + процессор + форвардер, зависит от расстояния переезда ( $L$ ) и объема заготовки древесины ( $Q_{\text{выр}}$ ) (рис. 1). В работе [1] затраты на перебазировку машин ЛП-19 + ЛП-30Б + ЛТ-154 при объеме заготовки на лесосеке  $1250 \text{ м}^3$  составляют  $0,087 \text{ р./м}^3$  (в ценах 1991 г.). К уровню 2000 г. для Республики Марий Эл удельная стоимость перебазировки составит соответственно  $0,7 \text{ р./м}^3$  для комплекса бензопила + процессор + форвардер и  $0,87 \text{ р./м}^3$  для ЛП-19 + ЛП-30Б + ЛТ-154 при том же запасе древесины на лесосеке.

Зависимость (1) является приближенной и не может быть использована при малых площадях лесосек, поэтому нами предлагается следующая зависимость для определения норм времени на перебазировки (дн.):

$$\dot{I}_{\text{ад}} = \frac{\ddot{I}_{\text{подо}} (\dot{O}_{\text{е.а}} - \dot{O}_{\text{д.а}}) \dot{O}'_i}{\ddot{I}_{\text{подо}} \dot{O}'_i + \dot{O}'_{\text{м}} k'_{\text{м}} + Q_{\text{адо}}}, \quad (3)$$

где  $T_{\Pi}$ ,  $\dot{O}'_i$  – норматив времени на погрузочно-разгрузочные и транспортные работы на одну перебазировку, соответственно ч и дн.;

$T_{\text{см}}$  – продолжительность смены, ч;

$k'_{\text{см}}$  – коэффициент сменности при перебазировках;

$\Pi_{\text{сут}}$  – суточная производительность по ведущей машине или операции,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ,  $\Pi_{\text{сут}} = HBk_{\text{п.т}} nk_{\text{см}}$ .

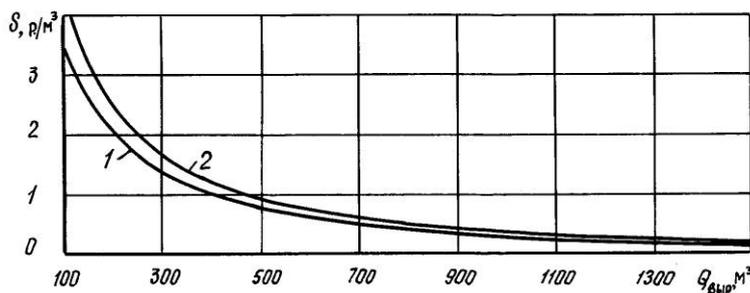


Рис. 1. Удельная стоимость перебазировки ( $S$ ) в зависимости от расстояния переезда ( $L$ ) и объема вырубленной древесины на лесосеке ( $Q_{\text{выр}}$ ): 1 –  $L = 5 \text{ км}$ ; 2 –  $L = 30 \text{ км}$

В работах [8, 9] приводятся зависимости распределения числа лесосек от площади и объема заготовленной древесины. Зная плотность распределения лесосек по вырубемому запасу древесины, можно преобразовать формулу (3) следующим образом:

$$\dot{I}_{\text{ао}} = \sum_{\sigma=1}^r p(x) \frac{\ddot{I}_{\text{ндо}} (\dot{\sigma}_{\text{е.а}} - \dot{\sigma}_{\text{д.г}}) \dot{\sigma}'_i}{\ddot{I}_{\text{ндо}} \dot{\sigma}'_i + Q_{\text{аод}}(x)}, \quad (4)$$

где  $p(x)$  – плотность распределения лесосек,  $x$  – варианты с соответствующим объемом вырубемому запасу на лесосеке  $Q_{\text{выр}}(x)$ .

Эффективность использования рабочего времени оборудования на основном производстве (процессе лесозаготовки) напрямую зависит от потерь времени на перебазировки. Из отношения норм времени на перебазировки к общему фонду рабочего времени определяем коэффициент потерь времени на перебазировки (%):

$$k_{\text{г.г}} = \frac{100 \ddot{I}_{\text{ндо}} \dot{\sigma}'_i}{\ddot{I}_{\text{ндо}} \dot{\sigma}'_i + Q_{\text{аод}}}. \quad (5)$$

В практике лесозаготовок перебазировка занимает  $\dot{\sigma}'_i = T_i / \dot{\sigma}'_m k'_m = 1$  ай, тогда

$$k_{\text{г.г}} = \frac{100}{1 + Q_{\text{аод}} / \ddot{I}_{\text{ндо}}}. \quad (6)$$

График зависимости числа лесосек ( $n_{\text{л}}$ ), вырубемых бригадой за отчетный период, или числа перебазировок, от времени разработки приведен на рис. 2. Он построен по формуле

$$i_{\text{е}} = Q / Q_{\text{аод}} = \frac{\dot{\sigma}_{\text{е.а}} - \dot{\sigma}_{\text{д.г}}}{\dot{\sigma}'_i + (Q_{\text{аод}} / \ddot{I}_{\text{ндо}})}, \quad (7)$$

где  $Q_{\text{выр}}$  – средний запас древесины на лесосеке, м<sup>3</sup>;

$Q$  – объем заготовок древесины за отчетный период, м<sup>3</sup>,

$$Q = P_{\text{сут}} (T_{\text{к.д}} - T_{\text{т.о}} - H_{\text{вр}}) \quad (8)$$

или

$$Q = \frac{\ddot{I}_{\text{ндо}} (\dot{\sigma}_{\text{е.а}} - \dot{\sigma}_{\text{д.г}}) [\ddot{I}_{\text{ндо}} (1 - \dot{\sigma}'_i) + Q_{\text{аод}}]}{\ddot{I}_{\text{ндо}} \dot{\sigma}'_i + Q_{\text{аод}}}; \quad (9)$$

при  $\dot{\sigma}'_i = 1$  ай.

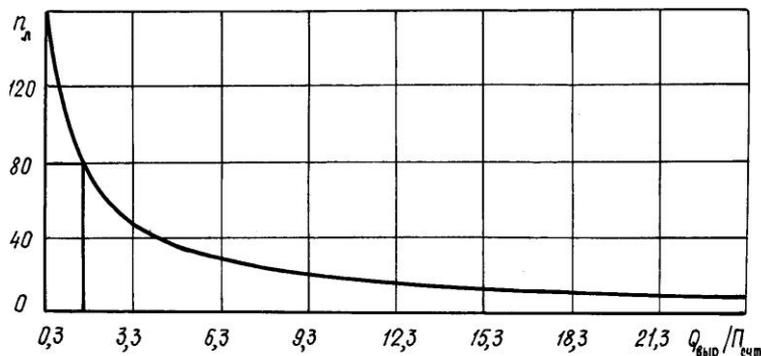


Рис. 2. График зависимости числа лесосек ( $n_{л}$ ) от числа дней их разработки ( $Q_{выр}/P_{сут}$ )

$$Q = \frac{\dot{I}_{п\ddot{o}\ddot{o}}(\dot{O}_{\dot{e},\dot{a}} - \dot{O}_{\dot{o},\dot{i}}) + Q_{\dot{a}\ddot{o}\ddot{o}}}{\dot{I}_{п\ddot{o}\ddot{o}} + Q_{\dot{a}\ddot{o}\ddot{o}}}. \quad (10)$$

Так, при  $Q = 20$  тыс. м<sup>3</sup> и  $Q_{выр} = 250$  м<sup>3</sup>  $n_{л} = 80$ , а  $P_{сут} = 167$  м<sup>3</sup> при  $k_{п.п} = 40$  %.

Согласно рис. 2 и зависимости (7) при снижении объема древесины на лесосеке увеличиваются потери времени на перебазировки, которые зависят от времени нахождения бригады на лесосеке, определяемого соотношением  $Q_{выр}/P_{сут}$ . Такие потери неизбежны и могут быть частично компенсированы за счет увеличения производительности труда, т. е.

$$k_{п.п} = k_{п.т} + 5 \dots 10 \%. \quad (11)$$

С введением регламента потерь на перебазировки в пределах 5 ... 20 % можно определить лесосеки, наиболее привлекательные с точки зрения минимизации потерь на перебазировки для конкретного лесозаготовительного комплекса машин и оборудования, или подобрать последний для определенных объемов заготавливаемой древесины с лесосеки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазуркин П.М. Научные основы системного проектирования технологии и техники лесозаготовок: Дис. ... д-ра. техн. наук. – Йошкар-Ола, 1985. – 510 с.
2. Мазуркин П.М. Биотехническое проектирование (Справочно-методическое пособие). – Йошкар-Ола, 1994. – 348 с.
3. Методические рекомендации по планированию работы бригад на лесозаготовках. — М.: ЦНИИМЭ (рекомендовано 5 дек. 1989). –1990. – 53 с.
4. Нормы выработки (времени) и расценки на подготовительные, вспомогательные и хозяйственные работы на лесозаготовках. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 224 с.
5. Редькин А.К. Основы моделирования и оптимизации лесозаготовок: Учеб. для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 256 с.

6. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
7. Симпозиум по многоцелевым лесозаготовительным машинам: Техн. отчет / Пер. А-3465; 77/52600. – М.: ВЦП, 1977. – 285 с.
8. Фадеев А.Н. Статистическое моделирование активности лесозаготовок. – Йошкар-Ола, 1998. – 14 с. – Деп. в ВИНТИ № 2888-В 98.
9. Фадеев А.Н. Статистическое распределение выделов леса Советского лесхоза // Тр. науч. конф. по итогам НИР МарГТУ. – Йошкар-Ола, 1998. – С. 60–63.

Марийский государственный  
университет

Поступила 18.05.02

*A.N. Fadeev*

### **Costs of Forest-harvesting Machines Relocation**

Substantiation of time standards for forest-harvesting machines relocations and influence of their quantity on forest-harvesting efficiency is provided.



УДК 625.711.84

**Н.Н. Буторин**

Буторин Николай Николаевич родился в 1923 г., окончил в 1951 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет около 40 печатных работ.



## ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ЛЕСНОГО МАССИВА

С помощью компьютерной программы исследовано оптимальное размещение транспортной сети в лесном массиве. Показано, что критерием оптимальности следует считать минимальную протяженность веток.

*Ключевые слова:* лесной транспорт, транспортная сеть.

Проектирование оптимальной схемы транспортных путей для освоения лесного массива выполнено на примере годичной лесосеки Концегорского лесозаготовительного предприятия Архангельской области.

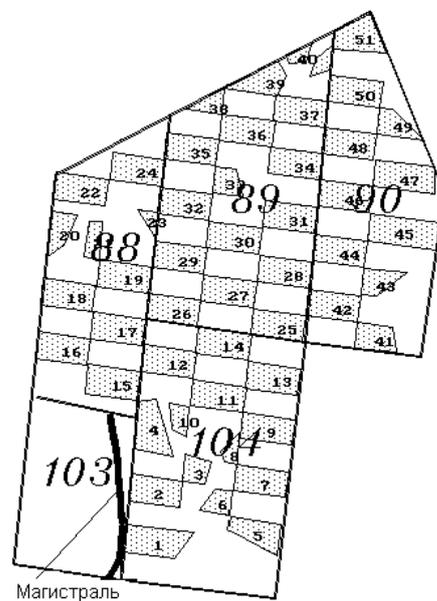


Рис. 1.

Схема набора лесфонда на 2002 г. в кварталах 88, 89, 90, 104 приведена на рис. 1. Участки, отмеченные точечной штриховкой, – лесосеки, отведенные для рубки. Квартал 103 в расчеты не входит как уже освоенный. Для каждого лесорубочного участка задан объем ликвидной древесины.

*Алгоритм расчета*

1. Схема лесфонда изображена на экране монитора компьютера в масштабе 40 пикселей в одном километре.
2. Выбираем точку примыкания сети к магистрали (которую затем уточняем в процессе расчетов).
3. Вычисляем координаты середины каждой лесосеки.
4. Лесосеки заново нумеруем в порядке возрастания их удаленности от точки примыкания сети.
5. Каждую лесосеку соединяем прямой линией с ближайшей лесосекой (с меньшим номером). Получаем сеть путей минимального общего протяжения (рис. 2), которую принимаем за исходную в дальнейших расчетах.
6. Каждую делянку соединяем с веткой с помощью уса, длину которого вначале считаем равной нулю.
7. Для нахождения экстремального вида проектируемой транспортной сети за целевую функцию принимаем сумму затрат на строительство дорог и вывозку леса. Количество лесосек в рассматриваемой схеме лесфонда равно 51. Каждая точка примыкания уса к ветке имеет две координаты:  $X$  и  $Y$ , поэтому количество переменных целевой функции равно 102.

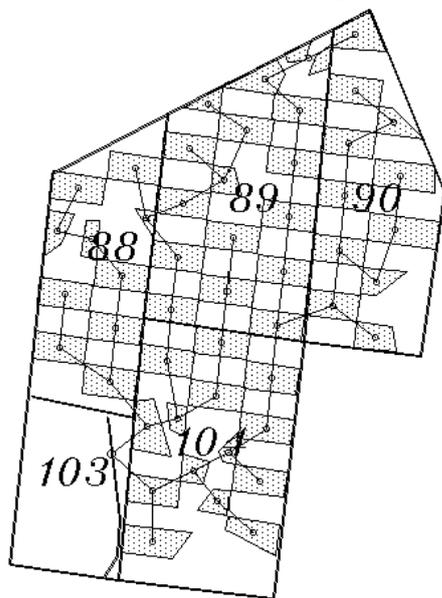


Рис. 2

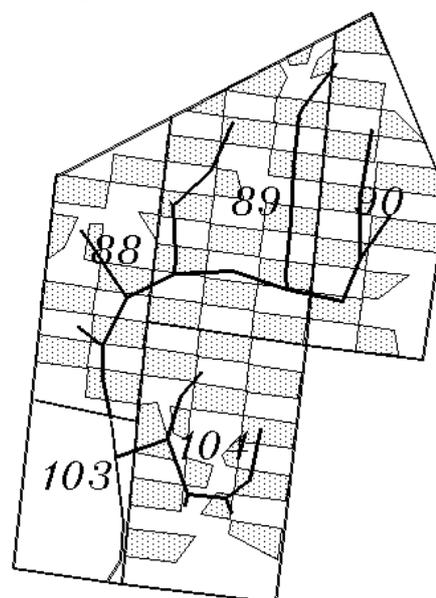


Рис. 3

8. Вычисляем затраты на постройку всех веток и усов, а также на вывозку древесины к пункту примыкания сети. При этом определяем грузооборот каждого уса и всех отдельных участков веток.

9. Для нахождения минимума целевой функции используем прямой способ оптимизации, так называемый метод покоординатного спуска [1]. Варьируя координатами точек примыкания усов к веткам и повторяя п. 8, находим конфигурацию транспортной сети, соответствующую минимуму целевой функции.

Компьютерная программа по изложенному алгоритму разработана на кафедре промышленного транспорта АГТУ на языке программирования Turbo Pascal. Результат расчета показан на рис. 3.

В расчетах не учитывают рельефные, гидрогеологические условия местности, поэтому полученную сеть следует считать предварительной, подлежащей последующему уточнению в процессе изысканий.

Конфигурация транспортной сети зависит от распределения запасов ликвидной древесины по площади освоения, стоимости постройки 1 км ветки и уса (неподвижные затраты) и стоимости перевозки 1 м<sup>3</sup> древесины на расстояние 1 км.

Многочисленные пробные расчеты показали, что на результат решения влияют не абсолютные значения этих параметров, а их относительные величины. Согласно исследованиям В.В. Щелкунова [2], отношение стоимости постройки 1 км ветки к стоимости постройки 1 км уса обычно меняется от 4,5 до 5,5, а отношение стоимости постройки ветки к стоимости перевозки соответственно от 100 до 300.

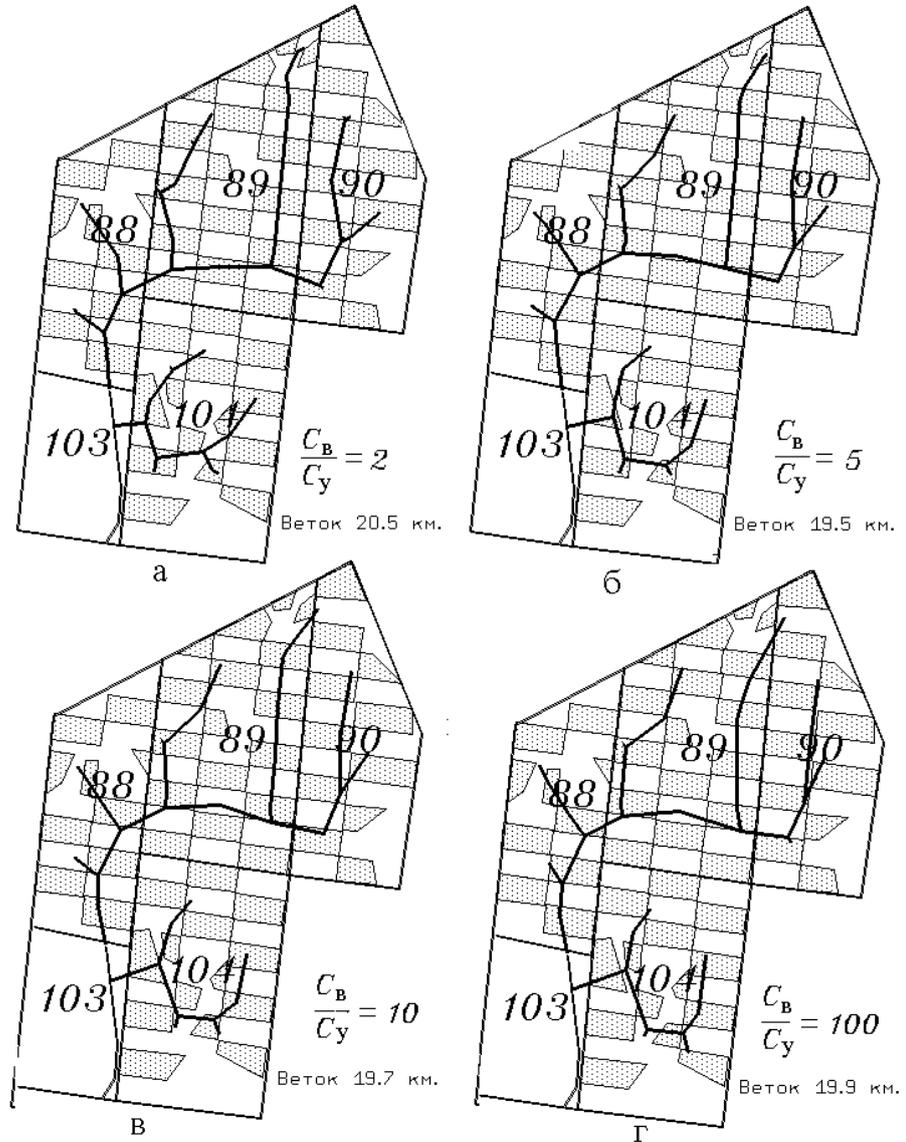


Рис. 4

На рис. 4 показаны варианты *а – г* при различных соотношениях стоимости постройки веток и усов ( $C_{\text{в}}/C_{\text{у}}$ ).

Как видно из рисунка, конфигурация транспортной сети незначительно меняется в зависимости от соотношения стоимости постройки ветки и уса. На практике сеть подлежит корректировке с учетом местных рельефных и гидрогеологических условий, поэтому нет надобности точно учитывать при расчетах это отношение, достаточно принять его равным 5.

Аналогичные результаты получают при исследовании влияния на конфигурацию транспортной сети отношения стоимости постройки ветки к

стоимости перевозки. Его можно принять равным 200. В связи с этим нет необходимости учитывать распределение запасов ликвидной древесины по площади освоения, достаточно знать схему размещения выделенных для рубки лесорубочных участков.

#### *Выводы*

Для оптимального размещения транспортной сети достаточно считать целевой функцией минимальную протяженность веток.

Программу можно использовать в лесозаготовительных предприятиях при предварительном проектировании транспортной сети как годичной лесосеки, так и в более широкой перспективе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация / Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 509 с.
2. Щелкунов В.В., Скрипов Н.И. Эффективность применения различных типов лесовозных дорог. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 110 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 14.10.02

*N.N. Butorin*

#### **Transport Network for Forest Stock Development**

Optimal location of transport network in the forest stock has been studied with the help of software. Minimal branch road length is shown to be treated as a criterion of optimality.

---

---



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.048

**В.Г. Турушев, Е.Ю. Варфоломеева**

Турушев Валентин Гурьянович родился в 1928 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 научных трудов в области разработки основ автоматизированного производства.



Варфоломеева Елена Юрьевна родилась в 1976 г., окончила в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесопильно-строгальных производств, научный сотрудник ООО «Лаборатория защиты древесины ЦНИИМОД». Имеет более 20 печатных работ по проблемам защиты лесопроductии от биопоражения с учетом экологических требований разных стран.



## УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ НА МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Для защитной обработки древесины разработано средство в виде гранул с безопасной оболочкой; оценено влияние защитной обработки методом окунания в рабочий раствор и опрыскивания на сохранность древесины.

*Ключевые слова:* малые предприятия, защитная обработка древесины, ручной труд, вредные условия, окунание, опрыскивание, пиломатериалы, биопоражение, сохранность.

Предприятия малой мощности в современных условиях способны быстро перестраиваться на выпуск новой продукции, имеют низкие накладные расходы, что способствует монополизации рынка и снижению цен на товары и услуги. Доля малых предприятий в национальном валовом продукте развитых стран с рыночной экономикой составляет 50 ... 60 %, России – только 10 ... 11 % [2].

Пиловочник, особенно сосновый, влажные пиломатериалы и детали деревянного домостроения подвержены быстрому биологическому поражению. При неблагоприятных температурно-влажностных условиях многообразные плесневые и деревоокрашивающие грибы [8] способны за 12 ч проникнуть во влажную древесину на глубину, недоступную для последующей пропитки раствором антисептика. В результате поражение развивается внутри, что снижает цену древесины в несколько раз. Дереворазрушающие грибы могут вызывать полную деструкцию целлюлозы за несколько месяцев [4]. Быстрая искусственная сушка древесины, предотвращающая биопоражение, требует больших капиталовложений на сооружение камер, теплогенераторов и др. [9]. В условиях малого предприятия (МП) наиболее приемлема обработка лесоматериалов по специальной технологии. Поэтому совершенствование технологии защитной обработки древесины на МП является актуальной задачей.

Рассмотрим основные технологические операции защитной обработки сырых пиломатериалов от поражения плесневыми и деревоокрашивающими грибами на крупных лесозэкспортных предприятиях (табл. 1). В этой схеме не учтены технологические операции по сбору и уничтожению тары, хранению остатков раствора зимой или его утилизации и т.д.

Из табл. 1 видно, что перемещать средство\* в крупной таре (операции 1, 2) можно только механизмами. Чтобы избежать нежелательного контакта с мелкодисперсными частицами биоцида в процессе приготовления рабочего раствора (операции 3–5) работающие вынуждены находиться в индивидуальных средствах защиты (противогазы или респираторы и очки). Помещения для приготовления растворов должны быть оборудованы системой приточно-вытяжной вентиляции для пятикратного обмена воздуха за час.

Необходим периодический контроль концентрации рабочего раствора в ванне (операция 6), поскольку активные ингредиенты могут выпадать в осадок вследствие понижения температуры окружающей среды, образования нерастворимых соединений при реакции с ионами солей, содержащихся в воде повышенной жесткости. Активные ингредиенты способны интенсивно адсорбироваться на пиломатериалах и опилках в ванне, что влечет снижение концентрации рабочего раствора. При понижении концентрации добавляют дополнительную порцию средства. Кроме того, при обработке большого количества еловых пиломатериалов повышается кислотность раствора, что дестабилизирует его равновесие.

---

\* В лесопильно-деревообрабатывающей промышленности для обработки древесины широко применяют антисептик К-12 (ТУ 113-08-02-111-91, гигиенический сертификат № 29.ОС.03.260.П.00255), изготавливаемый в виде мелкодисперсного порошка на основе соли фтора. Он относится ко 2-му классу опасности, расфасован в мягкие контейнеры вместимостью 800 кг. Рекомендуемые концентрации рабочих водных растворов 4 ... 6 % [7].

Таблица 1

**Основные технологические операции защитной обработки древесины  
методом окунания**

Порядковый номер операции	Операция, метод перемещения	Вредное воздействие
1	Разгрузка средства на склад (мягкие контейнеры по 800 кг), кран (тельфер) или погрузчик	Пыль биоцида
2	Доставка средства на участок приготовления рабочего раствора, кран (тельфер) или погрузчик	Нет
3	Дозирование средства с загрузкой в бункер или на весы, вручную лопатой	Пыль биоцида
4	Подача средства в мешалку с водой, вручную лопатой	Пыль биоцида
5	Растворение средства в воде с перемешиванием, мешалка с электроприводом	Пары рабочего раствора
6	Периодический контроль концентрации рабочего раствора	Пары рабочего раствора
7	Наполнение ванны рабочим раствором, по трубам	Пары рабочего раствора
8	Доставка плотного пакета сырых пиломатериалов к ванне, автолесовоз или погрузчик (кран)	Нет
9	Погружение плотного пакета в рабочий раствор, автолесовоз или кран (тельфер) с балластным грузом	Пары рабочего раствора
10	Выдержка пакета в рабочем растворе (не менее 20 с), автолесовоз или кран (тельфер) с балластным грузом	Пары рабочего раствора
11	Подъем пакета и выдержка над ванной (10...30 с) для стекания раствора, автолесовоз или кран (тельфер)	Пары и капли рабочего раствора
12	Периодическая чистка ванны (1 раз в месяц), вручную	Пары и капли рабочего раствора, пропитанные опилки и другие отходы
13	Выдержка (не менее 3 мин) антисептированного пакета на площадке с водонепроницаемым покрытием и уклоном к ванне для стекания раствора	Пары и капли рабочего раствора
14	Мойка оборудования	Пары и капли раствора
15	Перевозка плотного пакета антисептированных материалов на склад, автолесовоз или погрузчик (кран)	Пары и капли рабочего раствора
16	Раскладка антисептированных пиломатериалов в пакеты с прокладками, вручную или на пакетформирующей машине	Пары рабочего раствора

Внутризаводские перемещения при погружении пакетов сырых пиломатериалов в ванну (операции 8–11, 15) осуществляют только механизмами, раскладку антисептированных пиломатериалов в пакеты с прокладками (операция 16) – вручную, используя средства индивидуальной защиты (резиновые перчатки, фартуки с нагрудниками, респираторы).

Прямой контакт работающих с биологически активными испарениями и рабочим раствором возможен в процессе обслуживания оборудования после приготовления раствора (операция 14) и при чистке ванны от накопившегося осадка (операция 12). Цикличность чистки зависит от объема обрабатываемых пиломатериалов и обычно составляет 1–1,5 мес. При выполнении операций 12, 14 рабочие обязаны использовать индивидуальные средства защиты органов дыхания, лица, глаз, кожных покровов в соответствии с ГОСТ 12.4.103–83, ГОСТ 12.4.013–85Е, ГОСТ 12.4.034–85 и др.

В лесопильно-деревообрабатывающей промышленности технологические процессы защитной обработки древесины по условиям труда относятся к вредным. Поэтому для работающих предусмотрена система льгот и компенсаций профессиональной вредности. Списки производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда приведены в действующих постановлениях Государственного комитета СМ СССР по труду и социальным вопросам и Президиума ВЦСПС № 298/П-22 от 25.10.74, № 369/П-16 от 01.11.77, № 670/П-11 от 05.11.87. Исследованиями влияния условий труда на здоровье сотрудников производств защитной обработки древесины и разработкой указаний по технике безопасности много лет занимались ученые Северного государственного медицинского университета [5] и др.

К наиболее опасным технологическим операциям относят выполняемые вручную прием (1, 2) и загрузку сухих средств в мешалку (3, 4), поскольку при этом может выделяться мелкодисперсная пыль биоцида. При операциях с рабочим раствором (5, 7) и пропиткой древесины (9–13) наблюдается испарение раствора биоцида. Поэтому работающим во вредных условиях труда, кроме молока и сокращенного рабочего дня, положен дополнительный отпуск 12 рабочих дней. Льготный отпуск сотрудникам, контролирующим качество раствора (6), рассчитывают пропорционально фактическому времени их занятости на этих работах, исходя из продолжительности дополнительного отпуска 12 дней. Контроль за соблюдением правил техники безопасности и своевременным обеспечением современными средствами индивидуальной защиты ведут заводские службы охраны труда.

Выпускаемые в России средства защиты древесины и широко используемые технологии защитной обработки не рассчитаны на применение в условиях МП. Анализ технологического процесса защитной обработки сырых пиломатериалов на заводах, выпускающих экспортную продукцию, показал, что в условиях МП трудно создать специализированный участок, оснащенный грузоподъемной техникой, стальной ванной больших размеров (8×2×2 м), мешалкой с электроприводом, мощной системой приточно-вытяжной вентиляции, бетонированной площадкой с уклоном для сбора

стекающего раствора [7] и т.п. Большинство МП, занятых в структуре ЛПК, для этого не имеют достаточных средств. Брать ссуду под долговременную программу экономически нецелесообразно из-за высоких процентных ставок банка и сложности оформления документов. Поэтому на МП вынуждены использовать ручной труд.

Цель наших исследований – разработать технологию защитной обработки древесины на МП и улучшить условия труда.

Безопасность труда работающих на всех операциях защитной обработки древесины может быть обеспечена за счет подбора оптимального состава многокомпонентных средств, созданных на основе явления синергизма без применения высокотоксичных веществ [1, 3, 6].

Снижение пыления биоцидов, опасного для экологии и здоровья сотрудников производств защитной обработки древесины, достигнуто за счет изготовления многокомпонентных средств защиты в виде гранул рациональной конструкции (средство № 82). Для этого в шнековый смеситель, снабженный специальной мешалкой, сначала подавали основные токсичные ингредиенты [1], в последнюю очередь медленно засыпали карбонат натрия. При этом сначала получали влажную пастообразную массу, которую тщательно перемешивали около 1 ч. По мере добавления карбоната натрия она густела, образовывались мелкие крупички. При избытке подачи карбонат натрия обволакивал ингредиенты, обладающие наибольшей биологической активностью, и формировал на поверхности крупички оболочку.

Контролировали содержание карбоната натрия, которое в пересчете на  $\text{CO}_3^{2-}$  должно составлять не менее 23 %. Готовое средство защиты древесины выгружали из смесителя и расфасовывали в мешки по 20 кг. Такая тара удобна для перемещения без использования специальной грузоподъемной техники и дозирования средств в условиях МП.

Средство № 82 представляет однородную порошкообразную массу белого цвета. Оно не пылит при пересыпании, почти не имеет запаха, хорошо растворяется в воде без образования осадка. Его ПДК в воде водоемов составляла 2 мг/л, в воздухе – 0,035 мг/м<sup>3</sup>. Работать с препаратом № 82 можно с использованием обычных средств индивидуальной защиты и соблюдением мер предосторожности как с нетоксичным веществом. Это обусловлено тем, что препарат № 82, относящийся к умеренно токсичным веществам, изготовлен в виде гранул, имеющих нетоксичную оболочку.

В условиях МП наиболее приемлемы технологии защитной обработки методами погружения (окунания) в раствор лесоматериалов поштучно в небольшую ванну с рабочим раствором или опрыскивания их с помощью переносных опрыскивателей, которые обычно применяют для дезинфекции, дезактивации, гербицидной обработки растений и др. Основные технологические операции при использовании переносного опрыскивателя и гранулированного средства защиты древесины с нетоксичной оболочкой приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Основные технологические операции защитной обработки древесины  
методом опрыскивания**

Порядковый номер операции	Операция	Вредное воздействие
1	Разгрузка средства на склад (мешки по 20 кг)	Нет
2	Доставка средства в мешках на участок приготовления рабочего раствора	Нет
3	Заливка воды и засыпка из мешка мелких гранул в мешалку	Нет
4	Растворение средства в воде с перемешиванием	Пары рабочего раствора
5	Заливка рабочего раствора в переносную емкость	Пары рабочего раствора
6	Переноска емкости и опрыскивание лесопроductии раствором защитного средства	Пары и капли рабочего раствора

По сравнению с первой схемой (см. табл. 1), где предусмотрено 16 операций, во второй схеме (табл. 2) их всего 6. При этом исключены затратные операции 8–11, 13, 15 по перемещению обрабатываемой продукции, а также операция 3 по ручной загрузке пылящего биоцида второго класса опасности в дозатор и мешалку. В предложенной нами схеме исключено пыление при выполнении операций 1–3 за счет использования гранул. Прямой контакт кожи с нетоксичными оболочками гранул не представляет опасности. Пары рабочего раствора при выполнении технологических операций 4–6 (рис. 2) менее опасны, благодаря пониженной токсичности нового средства № 82.

Влияние технологии защитной обработки на стойкость обработанных изделий к одновременному воздействию наиболее распространенных видов плесневых и деревоокрашивающих грибов оценивали на образцах сосновых (сосна легче осваивается грибами, поэтому испытания на ней более показательны) пиломатериалов сечением 25 × 125 мм и длиной 250 мм, которые были изготовлены из свежеспиленных экспортных бессортных пиломатериалов по ГОСТ 26002–83Э «Пиломатериалы хвойных пород северной сортровки, поставляемые на экспорт. Технические условия». Влажность образцов 70 ... 110 %, соотношение содержаний ядровой и заболонной древесины 67 : 33. В каждую партию входило по 10–13 образцов.

Через 5 ч после изготовления две серии опытных образцов обрабатывали методом погружения на 20 с в водный раствор защитного средства № 82 концентрацией 5 и 8 %, две другие серии опрыскивали. Расход раствора при окунании составил в среднем 47,1 л/м<sup>3</sup>, при опрыскивании – 52,1 л/м<sup>3</sup>, что на 10,6 % больше. Это можно объяснить неизбежными потерями раствора при опрыскивании.

После защитной обработки образцы подсушивали и инфицировали суспензией спор восьми видов плесневых и деревоокрашивающих грибов

Таблица 3  
**Статистические показатели сохранности древесины после защитной обработки  
 средством № 82 методами окунания (числитель)  
 и опрыскивания (знаменатель)**

Концентрация рабочего раствора, %	Время, сут	Среднее значение	Дисперсия	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Асимметрия	Экссесс
5	14	82,7	102,6	65	35	10,1	2,8	-0,6
		75,0	187,5	55	45	13,7	2,8	-0,6
	28	60,8	186,9	45	40	13,7	2,8	-1,1
		41,2	338,1	25	55	18,4	2,8	0,7
8	14	100,0	0,0	100	0	0,0	–	–
		99,5	0,8	98	2	0,9	0,6	0,9
	28	99,1	3,6	95	5	1,9	0,4	2,1
		98,5	3,8	95	5	2,4	0,1	-1,3
Контроль	14	44,2	278,5	25	60	16,7	2,8	1,6
	28	18,1	127,2	0	45	11,3	2,8	1,7

[10]. Инфицирование производили методом окунания в суспензию спор грибов. Для сравнения испытывали аналогичные контрольные образцы без защитной обработки.

Инфицированные образцы помещали в стеклянные камеры высотой 400 мм с дном прямоугольной формы 286 × 194 мм (по внутреннему обмеру). Камеры закрывали листом стекла для поддержания стабильного влажностного режима и выдерживали четыре недели в отапливаемом помещении, исключив инсоляцию, которая способна воздействовать на грибы. Средняя температура воздуха в течение первой второй, третьей и четвертой недель составляла соответственно +16,5; +19,0; +18,5 и +19,5 °С.

Через прозрачное стекло камеры наблюдали за динамикой развития грибов. В конце каждой недели образцы извлекали из камер, определяли площадь обрастания грибами, выражая ее в процентах от общей поверхности образцов. Затем вычисляли сохранность образцов в процентах как величину, обратную обрастанию. Статистические показатели сохранности древесины через 2 и 4 недели после защитной обработки методами окунания и опрыскивания приведены в табл. 3, анализ данных которой свидетельствует о том, что при обработке 5 %-м раствором методом окунания сохранность образцов через 2 недели была на 10,0 %, а через 4 недели – на 14,8 % выше, чем при обработке методом опрыскивания. При концентрации раствора 5 % среднее значение сохранности образцов, обработанных методом опрыскивания, составило 41,1 %, минимальное – 25,0 %. При увеличении концентрации раствора до 8 % этот показатель не зависел от технологии обработки и превышал сохранность контрольных образцов без защитной обработки в 5,44–5,48 раз.

#### *Выводы*

1. Применение малотоксичных средств защиты древесины в виде гранул с безопасной оболочкой, расфасованных в мешки по 20 кг, позволяет

улучшить условия труда при приготовлении рабочих растворов за счет снижения опасности пыления и испарений.

2. Технология защитной обработки сырых пиломатериалов методами опрыскивания и окунания в рабочий раствор поштучно приемлема в условиях МП. При защитной обработке методом опрыскивания следует использовать рабочие растворы средств концентрацией 8 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варфоломеева Е.Ю., Галиахметов Р.Н. Выбор компонентов антисептиков с учетом их воздействия на процессы жизнедеятельности грибов // Проблемы лесного комплекса России в переходный период развития экономики: Материалы Всерос. научно-техн. конф. – Вологда: ВоГТУ, 2003. – С. 22–24.
2. Варфоломеев Ю.А. и др. Изменение объемов антисептирования сырых пиломатериалов / Ю.А. Варфоломеев, В.М. Афанасьев, В.В. Новиков и др. // Деревообработ. пром-сть. – 1994. – № 3. – С. 16–17.
3. Галиахметов Р.Н., Варфоломеева Е.Ю., Лебедева Л.К. Анализ влияния составных ингредиентов на защищающую способность водорастворимых антисептиков // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Науч. тр. – Архангельск: АГТУ, 2002. – Вып. 8 – С. 36–39.
4. Горшин С.Н. Консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 336 с.
5. Зашихина В.В. Физиологические механизмы адаптации к антисептикам древесины: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Архангельск, 1999. – 19 с.
6. Иванникова Т.В., Варфоломеева Е.Ю. Снижение экологической опасности антисептиков для влажной древесины // Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. «Наука – сервису». Т. 1. – Москва: ГАСБУ, 1999. – С. 103–104.
7. Инструкция по антисептированию пиломатериалов хвойных пород препаратами без хлорфенольных соединений. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1991. – 17 с.
8. Поромова Т.М., Кузнецова В.В. К вопросу о биостойкости защищенной древесины // Сушка и защита древесины: Науч. тр. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1985. – С. 143–150.
9. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1968. – 448 с.
10. Чащина Л.М., Поромова Т.М. Методика испытаний защитных средств против деревоокрашивающих и плесневых грибов // Сушка и защита древесины: Науч. тр. – Архангельск, ЦНИИМОД. – 1985. – С. 120–127.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 09.10.03

*V.G. Turushev, E.Yu. Varfolomeeva*

### **Improvement of Labor Conditions in Small Enterprises at Protective Wood Treatment**

An agent for protective wood treatment as pellets with safe shell is developed; the influence of protective wood treatment on its preservation by methods of plunging into working solution and spraying is assessed.

УДК 621.81.001.57

***И.И. Иванкин***

Иванкин Илья Игоревич родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования лесного комплекса Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ в области совершенствования лесопильного оборудования и инструмента.



**РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ С УЧЕТОМ РАССЕЯНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS**

Установлено, что с помощью системы имитационного моделирования GPSS можно исследовать влияние рассеяния значений параметров деталей и узлов на их надежность, выбрать коэффициент запаса прочности исходя из требуемого уровня надежности и разработать мероприятия по ее повышению.

Ключевые слова: надежность, моделирование, прочность, вероятность безотказной работы.

Параметры внешнего воздействия (силы, температура и т.д.) и внутренние параметры (механические свойства, отступления в геометрических размерах и т.д.) механических систем не выдерживаются точно. Всегда имеется вероятность их отклонения от номинальных значений. Если рассматривать перечисленные отступления как случайные, меняющиеся в известных пределах, то можно предсказать вероятность выхода конструкции из строя. Если эта вероятность равна нулю или достаточно мала, то можно считать, что конструкция надежна [4].

Цель данной работы – показать возможность применения системы имитационного моделирования GPSS (General Purpose Simulation System) для расчета деталей и узлов с учетом рассеяния значений параметров.

Отметим, что для применения методов теории вероятностей необходимым условием является возможность многократного осуществления случайного события в практически однородных условиях. Только при массовых событиях имеет смысл применять вероятностные методы исследования [3].

Для вероятностных расчетов требуется определить рассеяние функции по рассеянию случайных аргументов, т. е. основного рассчитываемого параметра.

Для обеспечения прочности в технике широко используют то условие, что величина воздействия  $F$  меньше способности сопротивлению  $W$ . Оно характеризуется коэффициентом безопасности (коэффициентом запаса прочности):

$$n = W / F > 1. \quad (1)$$

При переходе на вероятностный аспект соответственно будем иметь  $F < W$  с заданной вероятностью неразрушения  $P$ .

При 50 %-й вероятности неразрушения

$$\bar{W} - \bar{F} = 0, \quad (2)$$

где  $\bar{F}$  и  $\bar{W}$  – средние значения воздействия и способности сопротивления.

При заданной  $P$  способность сопротивления  $\bar{W}$  должна быть больше  $\bar{F}$  на величину, равную стандартному отклонению, умноженному на квантиль распределения  $u_p$ :

$$\bar{W} - \bar{F} + u_p S = 0, \quad (3)$$

где  $S = \sqrt{S_W^2 + S_F^2}$ ;

$S_W, S_F$  – стандартные отклонения способности сопротивления и воздействия.

При  $P > 50\%$  имеем  $u_p < 0$ .

В процессе конструирования машин обычно проводят предварительный приближенный расчет или используют подобие, а потом – основной уточненный расчет в форме проверочного. Для этого определяют квантиль распределения

$$u_p = -\frac{\bar{W} - \bar{F}}{S} = -\frac{\bar{W} - \bar{F}}{\sqrt{S_W^2 + S_F^2}}. \quad (4)$$

Имея  $u_p$ , с помощью специальной таблицы нормального распределения находят вероятность безотказной работы.

Таким образом, квантиль можно рассматривать как аналог коэффициента запаса прочности, характеризующий не отношение способности сопротивления к воздействию, а их разность. Эту разность необходимо задавать в относительной форме, поэтому в расчетах ее используют в отношении к стандартному отклонению  $S$ .

Приведенная выше методика расчета деталей и узлов с учетом рассеяния значений параметров описана в литературе [1, 2]. С ее помощью можно выбирать коэффициент запаса прочности не по критерию подобия, а по требуемому уровню надежности с учетом вероятности отказа конструкции. Кроме того, она позволяет учесть влияние на надежность деталей и узлов рассеяния входящих в расчетные формулы параметров. Однако применение данной методики ограничено из-за сложности выполнения расчетов.

Систему GPSS широко используют для моделирования поведения дискретных систем, ее изучают в программе курса «Моделирование» многих российских вузов, в том числе и АГТУ. В настоящее время существует несколько вариантов системы GPSS, наиболее известные из них: GPSS/PC и GPSS World. Последняя разработана фирмой «Minuteman Software» для семейства операционных систем Microsoft Windows. Ее бесплатную версию

GPSS World Student Version можно скачать с сайта разработчика [www.minutemansoftware.com](http://www.minutemansoftware.com).

Приведем пример расчета. Пусть требуется определить вероятность неразрушения стержня, работающего на растяжение. Материал сталь 45; термообработка – закалка плюс отпуск при температуре 500 °С; предел текучести  $\sigma_T = (685 \pm 120)$  МПа. Растягивающая сила  $F = (100 \pm 20)$  кН. Диаметр стержня должен быть выполнен с допуском  $h14$ .

*Пример традиционного расчета с учетом рассеяния значений параметров*

Определяем номинальный диаметр стержня  $d$  при коэффициенте запаса прочности  $n = 1,2$ :

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \frac{\sigma_{\delta}}{n}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100000}{3,1416 \cdot \frac{685}{1,2}}} = 15 \text{ мм.}$$

Рассчитываем стандартное отклонение предела текучести:

$$S_{\sigma_{\delta}} = \frac{\sigma_{\delta \max} - \sigma_{\delta \min}}{6} = \frac{805 - 565}{6} = 40 \text{ МПа.}$$

Находим стандартное отклонение растягивающей силы:

$$S_F = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{6} = \frac{120 - 80}{6} = 6,7 \text{ кН.}$$

Определяем стандартное отклонение площади поперечного сечения стержня (при допуске  $h14$  диаметр стержня  $d = 15_{-0,43}$ ):

$$S_A = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{6} = \frac{\pi(d_{\max}^2 - d_{\min}^2)}{4 \cdot 6} = \frac{3,1416(15,00^2 - 14,57^2)}{24} = 1,66 \text{ мм}^2.$$

Рассчитываем средние значения площади поперечного сечения стержня  $\bar{A}$  и растягивающих напряжений  $\bar{\sigma}_p$ :

$$\bar{A} = \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2} = \frac{\pi(d_{\max}^2 + d_{\min}^2)}{4 \cdot 2} = \frac{3,1416(15,00^2 + 14,57^2)}{8} = 172 \text{ мм}^2;$$

$$\bar{\sigma}_p = \frac{F}{A} = \frac{100 \ 000}{172} = 581 \text{ МПа.}$$

Находим стандартное отклонение напряжений растяжения:

$$S_{\sigma_p} = \bar{\sigma}_p \sqrt{\left(\frac{S_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{S_F}{F}\right)^2} = 581 \sqrt{\left(\frac{1,66}{172}\right)^2 + \left(\frac{6,70}{100}\right)^2} = 39 \text{ МПа.}$$

После подстановки  $S_{\sigma_p}$  в формулу (4) получаем

$$u_p = -\frac{\bar{\sigma}_d - \bar{\sigma}_p}{\sqrt{S_{\sigma_d}^2 + S_{\sigma_p}^2}} = -\frac{685 - 581}{\sqrt{40^2 + 39^2}} = -1,862,$$

что соответствует вероятности неразрушения  $P = 0,9687$ .

*Пример с использованием системы GPSS World*

SrSigmaT EQU 685; Среднее значение предела текучести, МПа  
StandSigmaT EQU 40; Стандартное отклонение предела текучести, МПа  
SigmaT VARIABLE Normal(1,SrSigmaT,StandSigmaT); Величина предела текучести, МПа

\*\*\*\*\*

SrForce EQU 100000; Среднее значение растягивающей силы, Н  
StandForce EQU 6700; Стандартное отклонение растягивающей силы, Н  
Force VARIABLE Normal(2,SrForce,StandForce); Величина растягивающей силы, Н

\*\*\*\*\*

SrDiam EQU 14.785; Среднее значение диаметра стержня, мм  
StandDiam EQU 0.07; Стандартное отклонение диаметра стержня, мм  
Diam VARIABLE Normal(3,SrDiam,StandDiam); Значение диаметра стержня, мм

\*\*\*\*\*

Pi EQU 3.1416; Число Пи  
\*\*\*\*\*

Square VARIABLE Pi#V\$Diam^2/4; Площадь стержня, кв.мм  
Sigma VARIABLE V\$Force/V\$Square; Действующее напряжение в стержне, МПа

\*\*\*\*\*

GENERATE 1; Генерация стержня  
Test L V\$Sigma,V\$SigmaT,Failure; Если действующие напряжения больше или

; равны пределу текучести, то поломка

SAVEVALUE 1+,1; Количество исправных стержней

TERMINATE 1; Удаление стержня из модели

Failure SAVEVALUE 2+,1; Количество сломанных стержней

TERMINATE 1; Удаление стержня из модели

Результаты расчета 100 000 стержней

SAVEVALUE	RETRY	VALUE
1	0	96679.000
2	0	3321.000

Количество исправных стержней 96679 из 100 000, что соответствует вероятности неразрушения  $P = 0,9668$ .

Из приведенного примера видно, что результаты расчета с помощью системы GPSS World хорошо согласуются с данными, полученными по традиционной методике.

Следовательно, используя систему имитационного моделирования, можно исследовать влияние на надежность деталей и узлов величин рассеяния параметров; выбрать коэффициент запаса прочности исходя из требуемого уровня надежности; разработать мероприятия по повышению надежности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Решетов Д.Н.* Детали машин: Учебник для студентов машиностроит. и механ. специальностей вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.
2. *Решетов Д.Н.* Работоспособность и надежность деталей машин: Учеб. пособие для машиностроит. специальностей вузов. – М.: Высш. шк., 1974. – 206 с.
3. *Светлицкий В.А.* Случайные колебания механических систем. – М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
4. *Феодосьев В.И.* Десять лекций-бесед по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1975. – 173 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 14.11.02

*I.I. Ivankin*

#### **Calculation of Details and Blocks Taking into Account Dispersion of Parameters' Values Using GPSS Simulation Technique System**

It was found out that with the help of GPSS simulation technique systems it is possible to study the influence of values dispersion of details and blocks parameters on their reliability, choose the load factor based on the required reliability level of and develop measures for its growth.

---

УДК 674.093.24

*Л.С. Суровцева, Д.В. Иванов*

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 70 научных трудов в области комплексного, рационального использования древесины, совершенствования технологических процессов лесопильно-деревообрабатывающих производств.



Иванов Давид Васильевич родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 научных работ в области комплексного использования древесины, создания и совершенствования технологии и техники производства пиломатериалов и подготовки сырья к распиловке.



### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Введение операции сортировки балансов по породам повышает выход технологической щепы из осины по сравнению с березой на 3 % для балансов 1–2-го сортов и на 6 % для балансов 3-го сорта и дров, содержащих гниль.

*Ключевые слова:* выход щепы, нормальная фракция, технологическая щепка, отсев от щепы, дообработка крупной фракции щепы, фракционный состав.

Целлюлозно-бумажные комбинаты в качестве основного сырья используют балансы хвойных и лиственных пород. Поступающее лиственное сырье (береза, осина) перерабатывают без подсортировки по породам. Предприятия ЦБП постоянно расширяют районы поставки сырья, заменяют или модернизируют оборудование, совершенствуют технологический процесс. Все это оказывает влияние на фактический расход древесного сырья при производстве технологической щепы для варки целлюлозы. Основными факторами, влияющими на расход древесины, являются порода и фракционный состав щепы, полученной из балансов.

Цель данной работы – установить фактические потери древесины при рубке и сортировке балансов отдельно по породам (береза, осина) и в зависимости от их качества.

На предприятия лиственное сырье поставляют как рассортированным, так и не рассортированным по породам и качеству. Наиболее встре-

чаемый породно-качественный состав балансов, поступающих на целлюлозно-бумажные комбинаты, приведен в табл. 1.

Анализ породного состава балансов показывает, что осина составляет 65,2 %, береза – 34,8 %. Качество балансов в основном соответствует 3-му сорту с содержанием дров. Сортировка балансов по породам и качеству в древесно-подготовительном цехе не предусмотрена.

Таблица 1

**Характеристика балансов, %**

Порода	Поставка			Качество		
	Рассортировано по породам	Не рассортировано по породам	Всего	1 – 2-й сорт	3-й сорт и дрова	Всего
Осина	35,3	30,0	65,2	7	43	50
Береза	17,2	17,6	34,8	7	43	50
<i>Итого</i>	52,4	47,6	100,0	14	86	100

Измельчение балансов наиболее часто осуществляют на рубительных машинах модели МРН–150; щепу сортируют на сортировках СЩ–120 с размерами сит, мм: верхнее – 39 × 39 (40 × 40); среднее – 14 × 14 (15 × 15); нижнее – 10 × 10 (6 × 6) и поддон (в скобках указаны наиболее встречаемые фактические размеры сит на предприятии).

Для анализа фракционного состава щепы на складе сырья отбирали партии балансов одной породы (осина и береза) и группы качества (без гнили и с гнилью) объемом от 90 до 110 м<sup>3</sup>. Щепу отдельно анализировали для зимних и летних условий, т.е. с учетом состояния лиственной древесины. Партию балансов подавали в рубительные машины, через каждые 5 мин отбирали пробы щепы массой 2,5 кг: I – после рубительной машины (т.е. до сортировки); II – после сортировочного устройства (нормальная, крупная фракция и отсев от щепы). Число проб – не менее 25.

Массовую долю коры и гнили в партии щепы определяли по ГОСТ 15815–83. Полученные пробы сортировали на анализаторе щепы АЛГ–М, имеющем сита с отверстиями диаметром 30(A), 20(B), 10 (C) и 5 мм (D), а также поддон (E).

Средневзвешенный состав отобранных проб по фракциям представлен в табл. 2.

По технологии предусмотрено повторное измельчение крупной фракции щепы, и ее доля после сортировки снижается до 7,0 ... 8,0 (осина) и 10,6 ... 12,3 % (береза). Однако это выше требований ГОСТ, где отмечено, что остаток на сите с отверстиями диаметром 30 мм не должен быть более 3,0 ... 6,0 %.

Таблица 2

**Фракционный состав щепы (%) в летний (числитель) и зимний (знаменатель) периоды**

Порода	Место отбора	Сито (фракция)				
		A	B	C	D	E
Осина: без гнили	I	<u>9,0</u>	<u>39,5</u>	<u>44,3</u>	<u>4,8</u>	<u>2,4</u>

с гнилью	II	11,5	43,6	37,4	4,6	2,9
		<u>8,0</u>	<u>45,4</u>	<u>44,0</u>	<u>2,3</u>	<u>0,3</u>
	I	7,9	43,7	42,4	4,5	1,5
		<u>9,7</u>	<u>38,2</u>	<u>43,4</u>	<u>5,5</u>	<u>3,2</u>
	II	11,3	47,1	34,5	4,2	2,9
		<u>7,2</u>	<u>44,4</u>	<u>45,3</u>	<u>2,7</u>	<u>0,4</u>
Береза: без гнили	II	8,4	48,1	38,1	3,8	1,6
		<u>11,8</u>	<u>32,6</u>	<u>47,2</u>	<u>5,6</u>	<u>2,8</u>
	I	13,3	34,9	44,1	4,9	2,8
		<u>10,6</u>	<u>40,6</u>	<u>45,6</u>	<u>2,9</u>	<u>0,4</u>
	II	5,0	33,1	56,7	4,1	1,2
		<u>15,5</u>	<u>37,4</u>	<u>38,6</u>	<u>5,1</u>	<u>3,4</u>
с гнилью	I	15,0	37,1	40,2	4,8	2,9
		<u>12,3</u>	<u>40,2</u>	<u>43,1</u>	<u>3,7</u>	<u>0,7</u>
	II	15,0	41,1	40,9	2,5	0,5
		<u>11,5</u>	<u>43,6</u>	<u>37,4</u>	<u>4,6</u>	<u>2,9</u>

Как видно из табл. 2, в зимний период доля нормальной фракции после сортировки для осины составляет 86,1 и 86,2 % (соответственно без гнили и с гнилью), для березы – 89,8 и 82,0 %. Следовательно, из березового сырья без гнили выход щепы нормальной фракции на 3,6 % выше, с гнилью – на 4,2 % ниже, чем для осины.

В летний период выход кондиционной щепы из осины на 3,0 % выше, чем в зимний период, для березы без гнили этот показатель выше на 3,6 %, с гнилью – ниже на 1,0 %.

Как в летний, так и в зимний сезон при переработке осины без гнили доля фракции *B* после сортировки выше на 1,4 %, чем фракции *C*. Для осины с гнилью летний период отмечен снижением доли фракции *B* примерно на 1,0 % по сравнению с фракцией *C*, в зимний период наоборот – фракции *B* больше примерно на 10,0 %.

Для березы с гнилью и без нее летом доля фракции *B* ниже на 3,0 ... 5,0 %, чем фракции *C*. В зимний период доля фракции *B* березы с гнилью практически равна фракции *C*, без гнили – на 23,6 % ниже.

Для осины содержание крупной фракции в зимний период до сортировки составляет 11,5 и 11,3 % (соответственно без гнили и с гнилью), для березы – 13,3 и 15,0 %. После сортировки для осины доля крупной фракции снижается соответственно до 7,9 ... 8,4 %, для березы – до 5,0 % (без гнили). Показатели березы с гнилью остаются без изменения (15,0 %). Таким образом, доизмельчение крупной фракции на мощных рубительных машинах не дает должного эффекта.

Содержание крупной фракции, которая подается непосредственно в производство, в 1,5–3 раза выше допустимой нормы и связано с некачественной сортировкой щепы, что оказывает влияние на технологические процессы целлюлозно-бумажного производства, неравномерный провар щепы, дополнительный расход компонентов и ухудшение качества целлюлозы.

Содержание фракции *D* до сортировки в зимний и летний периоды как для осины, так и для березы не превышают 5,0 %, после сортировки со-

ставляет 2,3 ... 3,7 (лето) и 2,5 ... 4,5 % (зима), что является удовлетворительным, так как в соответствии со стандартом допустимый остаток не должен быть более 10,0 %. Остаток на поддоне после сортировки 0,3 ... 0,7 % (лето) также соответствует стандарту (не более 1,0 %).

Однако в зимний период до сортировки доля фракции *E* для осины и березы составляет 2,9 и 2,8 %, после сортировки соответственно 1,5 ... 1,6 и 0,5 ... 1,2 % (первые цифры интервала – для балансов без гнили, вторые – с гнилью). Анализ фракционного состава щепы свидетельствует, что в зимний период в 2–3 раза увеличивается доля фракций *D* и *E*.

Результаты расчета потерь древесины ( $P_{p.c}$ ) и коэффициента выхода щепы ( $K_{p.c}$ ) при измельчении балансов и сортировке щепы приведены в табл. 3. Проверка отсева *E* после сортировки показала, что в него попадает значительная часть щепы фракций *C* и *D*. Это вызвано переоборудованием и износом сит, а также проходом через сита *C* и *D* более крупных частиц в вертикальном положении при кучевой подаче щепы.

Таблица 3

**Потери древесины и коэффициент выхода щепы при рубке и сортировке в летний (числитель) и зимний (знаменатель) периоды**

Порода	Доля фракции <i>E</i> , %		Потери древесины, %	Коэффициент выхода щепы
	до сортировки	после сортировки		
Осина	2,4	0,3	2,06	0,9794
	2,9	1,5	1,45	0,9855
Береза	2,8	0,4	2,46	0,9754
	2,8	1,2	1,78	0,9822

Таблица 4

**Фракционный состав отсева (%) в летний (числитель) и зимний (знаменатель) периоды**

Порода	Доля фракций, %		
	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
Осина	15,9/31,1	60,8/36,1	23,7/32,8
Береза	7,9/27,6	60,4/39,6	31,7/38,8

Результаты исследования фракционного состава отсева приведены в табл. 4. Доля фракции *C* от фракции *E* для осины составляет 0,68/0,95, для березы – 0,29/0,84; доля фракции *D* от *E* для осины и березы соответственно 2,60/1,10 и 1,90/1,21.

В ходе анализа установлено, что отсев содержит 36,0 ... 60,0 % щепы фракции *D* и 7,0 ... 30,0 % фракции *C*. Это приводит к увеличению потерь древесины. Сортировка отсева от щепы путем пропуска его через сортировку Д 28–12 позволит дополнительно получить 0,24 ... 1,02 % кондиционной щепы и снизить потери древесины.

С учетом содержания отсева расчет потерь щепы при рубке и сортировке (%) может быть проведен по уточненной формуле, где нижний индекс «с» относится к данным после сортировки:

$$P'_{p.c} = E - E_c \frac{B + C + D}{B_c + C_c + D_c} - E_c \left( 1 - \frac{E_o}{100} \right),$$

где  $E_0$  – доля фракции  $E$  в отсеве.

Коэффициент выхода при рубке и сортировке с учетом дополнительной сортировки отсева от щепы

$$K'_{p.c} = \frac{100 - P'_{p.c}}{100}.$$

Результаты расчетов потерь древесины и коэффициентов выхода щепы при рубке и сортировке представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Уточненный расчет потерь древесины при рубке и сортировке в летний (числитель) и зимний (знаменатель) периоды**

Порода	$P'_{p.c}$ , %	$K'_{p.c}$
Осина	1,8/0,4	0,9879/0,9957
Береза	2,2/1,0	0,9779/0,9900

Проведенные исследования показали, что на целлюлозно-бумажных предприятиях имеются резервы для повышения выхода технологической щепы из балансов и сокращения расхода сырья за счет лучшей сортировки щепы, дообработки крупной фракции и отсева от щепы.

Выход технологической щепы и потери древесины при ее рубке и сортировке зависят от породы лиственной древесины. Поэтому для снижения себестоимости целлюлозы и повышения ее качества требуется проводить рассортировку балансов по породам на складе сырья.

Состояние древесины в разные периоды года (зима, лето) также оказывает значительное влияние на увеличение потерь древесины и подачу в технологический процесс некондиционной щепы. Поэтому при производстве целлюлозы необходимо учитывать подготовку балансов перед измельчением, т.е. оттаивание в зимний период во время окорки и сортировки балансов по породам; заточку и своевременную замену рубительных ножей в соответствии с периодом года и состоянием древесины; выбор таких конструкций сортировочных устройств, которые дадут возможность снизить долю крупной фракции и повысить долю фракций  $B$  и  $C$ ; контроль за состоянием сортировочных устройств для щепы.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 22.11.02

*L.S. Surovtseva, D.V. Ivanov*

### **Additional Resources of Wood Raw Material for Pulp-and-Paper Production**

Introduction of the operation of pulpwood sorting according to species increases the output of chip made of aspen on 3 % in comparison with birch for the pulpwood of the 1-2 grades and on 6 % for the pulpwood of the 3 grade and firewood with decay.

УДК 621.935

**Н.В. Лобанов, Г.Ф. Прокофьев, И.С. Лобанова**

Лобанов Николай Владимирович родился в 1966 г., окончил в 1988 г. Севмашвууз, кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортного и технологического оборудования Севмашвууза. Имеет более 15 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании, прикладной механики и лесопильного оборудования.



Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики и основ конструирования Архангельского государственного технического университета, действительный член РАЕН. Имеет более 200 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента.



Лобанова Ирина Станиславовна родилась в 1970 г., окончила в 1993 г. Севмашвууз, старший преподаватель кафедры математики Севмашвууза, аспирант кафедры прикладной механики и основ конструирования АГТУ. Имеет около 10 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании, прикладной механики и лесопильного оборудования.

**ЖЕСТКОСТЬ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ  
С УЧЕТОМ ОТЖИМНЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ**

Исследовано изменение жесткости пилы в направлении на направляющие и от направляющих в зависимости от боковой силы, нормальной составляющей силы резания, выставки направляющих; получена формула, позволяющая рассчитать величину выставки отжимных направляющих.

*Ключевые слова:* отжимные направляющие, боковая жесткость, усилие отжима, выставка направляющих.

Повышение жесткости ленточных пил является важной задачей обеспечения качественного и высокопроизводительного пиления древесины на ленточнопильных станках. Одним из способов повышения жесткости ленточных пил может служить использование односторонних отжимных (контактных) направляющих, которые чаще всего представляют собой прямоугольные бруски из антифрикционного износостойкого материала по ширине равные (или немного меньшие) ширине полотна пилы, отжимающие ее на величину выставки  $\Delta$ ; по классификации типов связей их следует считать односторонними неударяющими связями. Существующие методы рас-

чета жесткости ленточных пил [2–4] не учитывают возможности частичного или полного отрыва пилы от контактных направляющих.

Цель наших исследований – определить влияние отжимных направляющих и величины выставки на жесткость пилы.

Для оценки влияния отжимных направляющих на жесткость ленточной пилы в боковом направлении были проведены расчеты моделей пил по методу конечных элементов с использованием программного комплекса ANSYS v. 5.5.3 ED. Ленточную пилу моделировали оболочечными элементами как тонкую пластинку, имеющую изгибную и мембранную жесткости. При этом на отжимных направляющих использовали специальные конечные элементы, позволяющие учесть контактный характер взаимодействия между пилой и направляющими.

Общая расчетная схема ленточной пилы (рис. 1) представляет прямоугольную пластинку толщиной  $s$ , шириной  $b$  и длиной  $L = l + 2a$ , шарнирно закрепленную по коротким сторонам (модель закрепления пилы на шкивах). Пилу сначала растягивали силой  $N$ , равномерно распределенной по коротким сторонам, затем отжимали направляющими на величину выставки  $\Delta$ . Расстояние между центрами направляющих равно  $l$ . Растянутую и отжатую пилу нагружали боковой силой  $Q$ , приложенной к кромке пилы посередине между направляющими. Боковую силу прикладывали как в прямом (на направляющие), так и в обратном (от направляющих) направлении. Оценивали величину силы отжима направляющих  $Q$ , возникающую при смещении (боковое смещение  $y$  и боковая жесткость  $j$  в точке приложения силы  $Q$ ).

Дополнительно производили расчеты жесткости пил, нагруженных нормальной силой  $P_n$ , приложенной к кромке пилы посередине между направляющими.

Исследованию были подвергнуты ленточные пилы со следующими размерами поперечного сечения ( $\delta \times b$ ), мм:  $1,0 \times 120$ ;  $1,2 \times 160$ ;  $1,4 \times 200$ ;  $1,6 \times 200$ . Длину пил  $L$  во всех случаях принимали равной 2400 мм. Для каждого типоразмера пил рассматривали два варианта с различными расстоянием между отжимными направляющими  $l = 350, 600$  м и величиной выставки отжимных направляющих  $\Delta = 5; 10$  мм.

Силы натяжения выбирали таким образом, чтобы напряжения растяжения в полотнах пил составляли 80 ... 120 МПа. Отжимные направляющие в плане имели прямоугольную рабочую поверхность с размерами

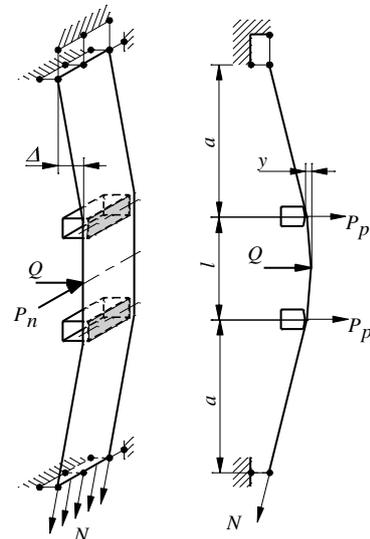


Рис. 1. Расчетная схема ленточной пилы

$b \times 0,35b$ . Во избежание кромочного контакта рабочие поверхности отжимных направляющих моделировали цилиндрическими поверхностями с радиусом кривизны  $R_n = 1000$  мм.

Боковую силу в прямом и обратном направлениях варьировали в пределах  $Q = 5 \dots 300$  Н с приращением 5 Н. Анализ вышеперечисленных вариантов расчетов позволил вывести формулу для определения величины предельного отклонения  $y_{\text{пред}}$ , при котором происходит отрыв пилы от направляющих:

$$y_{\text{юää}} = \frac{l\Delta}{2a}. \quad (1)$$

Величины бокового смещения  $y$  и жесткости в прямом (на направляющие) направлении хорошо согласуются с результатами, полученными энергетическими и аналитическими методами [2–4]. Величины бокового смещения  $y$  и жесткости в обратном (от направляющих) направлении практически не отличаются от соответствующих значений в прямом направлении до тех пор, пока боковая сила не достигнет некоторой предельной величины. При  $Q > Q_{\text{пред}}$  жесткость в направлении от направляющих существенно снижается. На рис. 2 показана связь между боковой жесткостью  $j$  и величиной боковой силы  $Q$  для ленточной пилы с параметрами: ширина  $b = 120$  мм, толщина  $s = 1,0$  мм, длина пилы  $L = 2400$  мм, расстояние между направляющими  $l = 350$  мм, сила натяжения  $N = 10,0$  кН, величина выставки  $\Delta = 5, 10$  мм, усилие отжима направляющих  $P_p = 45,5; 90,0$  Н.

Представленная на рис. 2 зависимость боковой жесткости в обратном направлении (от направляющих) одинакова для обоих рассмотренных расчетных случаев. График жесткости в обратном направлении состоит из трех характерных участков: на первом ( $0 < Q < Q_{\text{пред}}$ ) величина жесткости приблизительно постоянна и равна жесткости в прямом направлении (на направляющие) – это объясняется тем, что первоначальный контакт с пилой сохраняется по всей ширине направляющих; на втором ( $Q > Q_{\text{пред}}$ ) жесткость резко падает – на данном этапе начинается и развивается частичный отрыв пилы направляющих; на третьем жесткость мало изменяется, но по величине много меньше жесткости на первом участке, контакт пилы с направляющей здесь линейный по кромке направляющей, противоположной нагруженной кромке пилы. Величина выставки  $\Delta$  очень мало влияет на боковую жесткость до момента отрыва пилы от направляющих, но с увеличением  $\Delta$  пропорционально увеличивается  $Q_{\text{пред}}$ , а с ней и протяженность первого участка (рис. 2).

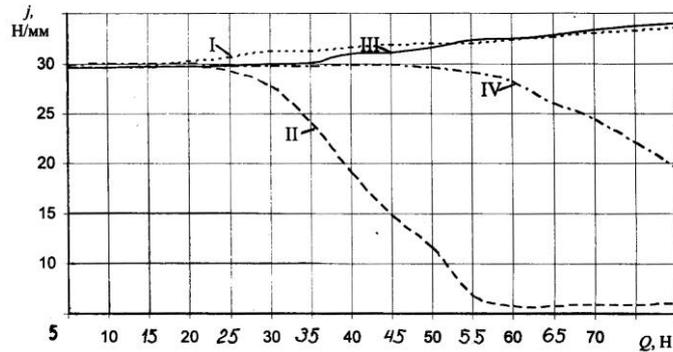


Рис. 2. Зависимость жесткости  $j$  ленточной пилы от боковой силы  $Q$  при следующих направлениях приложения боковой силы и величине выставки направляющих: I и II – на направляющие при  $\Delta = 5$  мм; III и IV – от направляющих при  $\Delta = 10$  мм

С ростом  $\Delta$  для отрыва пилы от направляющих требуется большее боковое усилие. При эксплуатации отжимных направляющих необходимо, чтобы боковая жесткость в обратном направлении была не меньше, чем в прямом, поэтому важно иметь расчетное значение  $Q_{\text{пред}}$ . Для ненагруженных пил (нормальная сила резания  $P_n = 0$ ) величина силы отжима достаточно хорошо (разница составила не более 7 %) совпала с рассчитанной по известной формуле [1]

$$Q = N \frac{\Delta}{a}.$$

При нагружении пилы нормальной силой резания вместе с боковой жесткостью уменьшается и величина  $Q_{\text{пред}}$ . На рис. 3 представлено влияние боковой силы  $Q$  на боковую жесткость  $j$  ленточной пилы шириной  $b = 160$  мм, толщиной  $s = 1,2$  мм, длиной 2 400 мм с расстоянием между направляющими  $l = 600$  мм, силой натяжения  $N = 19,2$  кН, величиной выставки  $\Delta = 5$  мм, усилием отжима направляющих  $P_p = 108,0$  Н.

Боковое смещение, при котором начинается уменьшение боковой жесткости в направлении от направляющих, практически не зависит от величины нормальной нагрузки. Поэтому в качестве критерия снижения боковой жесткости (начала отрыва пилы от направляющих) в обратном направлении следует принять величину бокового смещения  $y_{\text{пред}}$ . С учетом того, что  $y_{\text{пред}} = [y]$  (где  $[y]$  – предельно допустимое отклонение) и  $\dot{a} = \frac{L-l}{2}$ , необходимая выставка направляющих может быть рассчитана по формуле

$$\Delta = \left( \frac{L}{l} - 1 \right) [y]. \quad (2)$$

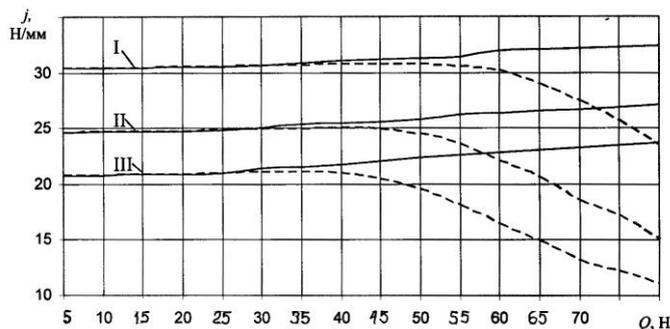


Рис. 3. Зависимость жесткости  $j$  в прямом (на направляющие – сплошной линией) и обратном (от направляющих – штриховая линия) направлениях от  $Q$  для ленточной пилы при следующих значениях нормальной силы резания: I –  $P_n = 0$  Н; II – 300; III – 500 Н

Методика определения  $[y]$  для ленточной пилы с позиции точности пиления приведена в работе [4], расстояние между осями шкивов  $L$  регламентируется конструкцией станка, расстояние между направляющими  $l$  – максимальной высотой пропила.

Допускаемая боковая сила  $[Q]$ , которая при известной жесткости  $j$  не превышает предельной величины  $Q_{\text{пред}}$ , может быть определена из выражения  $[Q] = j[y]$ . Для обеспечения требуемой точности пиления необходимо, чтобы боковая сила не превышала предельной:

$$Q \leq [Q] = \frac{j l \Delta}{2a} . \quad (3)$$

#### Выводы

1. До определенного предельного бокового отклонения  $y_{\text{пред}}$  жесткость ленточной пилы с отжимными направляющими при приложении боковой силы  $Q$  с разных сторон пилы не зависит от величины выставки направляющих  $\Delta$ .

2. Необходимая величина выставки направляющих  $\Delta$  может быть рассчитана по формуле (2).

3. Предельная величина бокового отклонения пилы  $y_{\text{пред}}$  не зависит от режимов пиления.

4. Подтверждена ранее полученная закономерность: уменьшение жесткости пилы при увеличении сил резания.

5. Равенство (3) может быть использовано для расчетов скорости подачи ленточнопильных станков с ограничением по точности пиления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселков В.И.* Теория и конструкции ленточнопильных станков // Учеб. пособие. – Архангельск: АЛТИ, 1992. – 84 с.

2. Лобанова И.С., Лобанов Н.В. Влияние условий опирания ленточных и рамных пил на их начальную жесткость // Лесн. журн. – 2003. – № 1. – С. 77–85. – (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Прокофьев Г.Ф., Иванкин И.И., Дундин Н.И. Исследование начальной жесткости полосовых пил // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 88–95. – (Изв. высш. учеб. заведений).

4. Прокофьев Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 226 с.

Севмашвтуз

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 25.09.03

*N.V. Lobanov, G.F. Prokofjev, I.S. Lobanova*

### **Hardness of Bandsaws Taking into Account Squeeze Guides**

Alteration of saw hardness along the guides depending on lateral force, standard cutting force component, guides' alignment has been studied, formula allowing to calculate the value of squeeze guides' alignment has been obtained.

УДК 684.4.059.3

**В.И. Онегин, Ю.И. Цой**

Онегин Владимир Иванович родился в 1935 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, ректор С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный профессор Монгольского технического университета, академик РАЕН и МАНВИШ, председатель секции наук о лесе РАЕН, председатель Головного совета по проблемам лесопромышленного комплекса при Министерстве образования РФ, вице-президент Ассоциации высших учебных заведений и научных организаций лесного профиля РФ, председатель диссертационного совета по защите докторских диссертаций, директор Международного центра лесного хозяйства и лесной промышленности. Имеет более 160 печатных трудов в области изучения технологии защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов.



Цой Юрий Иванович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных трудов в области технологии деревообрабатывающих производств.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ВОДНОДИСПЕРСИОННЫМИ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ**

Разработаны технические и технологические рекомендации по покрытию изделий из древесины воднодисперсионными акриловыми лаками, модифицированными металлическими пигментами.

*Ключевые слова:* воднодисперсионные лакокрасочные материалы, технологические режимы, отделка древесины, пигменты.

Для модификации лаков применяют пигменты фирмы «Eckart», которые, несмотря на сходство с отечественными металлическими порошками, существенно отличаются от них выполняемыми функциями [3]. Если металлические порошки отечественного производства окисляются в водной среде полимера и, следовательно, покрытие со временем темнеет, растрескивается, теряет свои прочностные и декоративные свойства, то импортные пигменты обработаны полимерным материалом, затрудняющим процесс окисления частиц металла в пленке.

Кроме того, отечественные пигменты на основе алюминия не дают широкого цветового и декоративного спектра, тогда как при использовании импортных пигментов за счет варьирования объемной концентрации пигментной пасты в лаке и дисперсности (степень раздробленности) частиц можно получать неограниченное количество вариантов.

Цель нашей работы – исследовать процесс формирования защитно-декоративных покрытий древесины воднодисперсионными акриловыми лаками, модифицированными металлическими пигментами фирмы «Eckart».

Для проведения экспериментов был использован план Бокса для четырех переменных факторов. Выбор управляющих и выходных параметров, пределов варьирования переменных факторов, включенных в матрицу планирования эксперимента, был проведен на основании классических подходов с учетом требований к свойствам воднодисперсионного лака на древесине и имеющегося практического опыта нанесения лакокрасочных материалов методом пневматического распыления.

Математическую обработку результатов экспериментов, проверку адекватности получаемых моделей производили на основании [2].

Наиболее важным физико-механическим показателем лакокрасочных покрытий является поверхностная твердость, которая характеризует не только прочностные свойства, но и степень завершенности процесса их формирования на подложке.

В результате статистической обработки экспериментальных данных было получено уравнение регрессии, отражающее зависимость твердости защитно-декоративного покрытия  $Y_1$  на основе воднодисперсионных лаков, пигментированных металлическими порошками, от характеристик вводимой пигментной пасты и параметров технологических режимов формирования полимерной пленки ( $X_1 \dots X_4$ ):

$$Y_1 = 0,564 + 0,04X_1 + 0,02X_2 + 0,01X_4 + 0,05X_1 X_2 + 0,014X_1 X_3 + 0,054X_1 X_4 + 0,06X_2 X_3 + 0,041X_1^2 - 0,014X_2^2 - 0,019X_3^2 - 0,024X_4^2, \quad (1)$$

где  $X_1$  – концентрация пигментной пасты в лаке, масс. %;

$X_2$  – размер частицы пигмента, мкм;

$X_3$  – давление в системе, МПа;

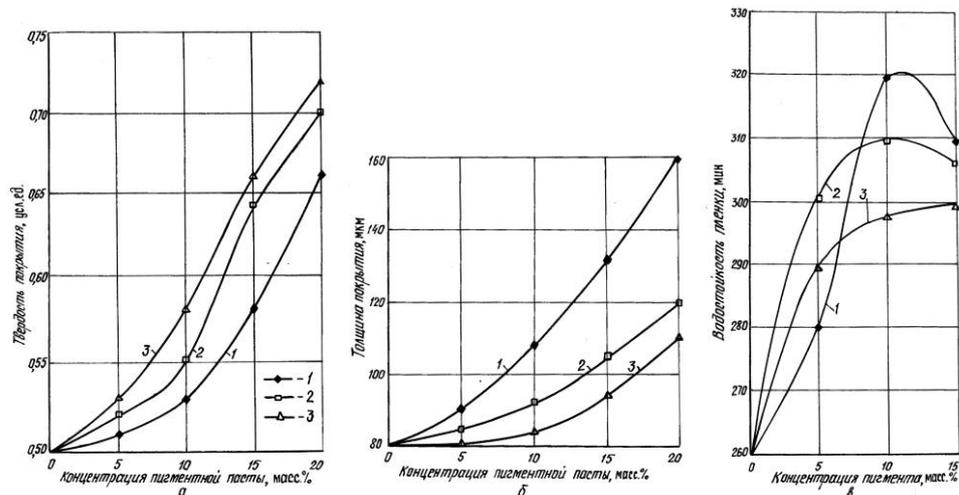
$X_4$  – расстояние от краскораспылителя до образца, мм.

Графически эта зависимость представлена на рисунке *a*.

Анализ полученных результатов показывает, что основное влияние на твердость формируемого лакокрасочного покрытия оказывают характеристики пигментной пасты, вводимой в пленкообразователь. Например, при увеличении объемной концентрации пигментной пасты в лакокрасочном материале твердость покрытия возрастает с 0,5 до 0,7 усл. ед. Такой рост обусловлен тем, что при повышении наполнения пигментом объема пленкообразователя увеличивается количество листующих слоев частиц в покрытии, которые армируют покрытие, улучшая его прочностные и эксплуатационные свойства.

При увеличении размеров частиц пигмента от 15 до 45 мкм твердость покрытия повышается, т.е. при большей площади единичного листовочного слоя уменьшается суммарная площадь разрывов между частицами, что способствует формированию более монолитного и с меньшим количеством дефектов лакокрасочного покрытия.

Однако следует отметить, что значительное влияние дисперсности пигментов на твердость покрытия проявляется только при условии достаточной концентрации пигментной пасты в лаке.



Зависимость твердости (а), толщины (б) и водостойкости (в) покрытия при фиксированных параметрах технологических режимов нанесения от характеристик пигментной пасты: 1 – размер частиц 15 мкм, 2 – 30, 3 – 45 мкм

Технологические режимы в исследуемых пределах незначительно сказываются на росте твердости покрытия. Однако при давлении в системе 0,4 МПа этот показатель достигает максимальной величины. Это можно объяснить тем, что при данном давлении формируется покрытие с наиболее ровной поверхностью.

Расстояние от краскораспылителя до образца также оказывает влияние на твердость покрытия. Для формирования ровного без наплывов покрытия, твердость которого имеет максимальное значение, необходимо располагать распылитель на расстоянии 300 мм.

Эксплуатационные свойства защитно-декоративного покрытия (прочность на истирание, изгиб, удар) связаны с его толщиной. В настоящей работе ставилась задача получения тонкослойного покрытия, позволяющего эффективно защищать подложку.

В результате проведения экспериментов получено уравнение регрессии, отражающее зависимость толщины  $Y_2$  защитно-декоративного покрытия на основе воднодисперсионных лаков, пигментированных металлическими порошками, от характеристик вводимой пигментной пасты и параметров технологических режимов формирования полимерной пленки ( $X_1 \dots X_4$ ):

$$Y_2 = 101,1 + 17,3X_1 - 10,3X_2 - 15,2X_3 - 9,6X_4 - 1,9X_1X_2 - 4,9X_1X_3 + 5,1X_1X_4 - 1,9X_2X_4 - 2,4X_3X_4 - 1,1X_1^2 - 6,1X_2^2 + 3,9X_3^2 + 22,9X_4^2. \quad (2)$$

Графически эта зависимость представлена на рисунке б, из которого видно, что на рост толщины покрытия значительное влияние оказывают ка-

чественные характеристики пигментной пасты, введенной в лакокрасочный материал. Так, при повышении концентрации пигментной пасты в лаке отмечается заметное увеличение толщины покрытия за счет роста листовочных слоев в его объеме.

Размеры частиц пигмента обратно пропорционально связаны с толщиной покрытия: при изменении размеров частиц с 45 до 15 мкм толщина покрытия увеличивается. Это объясняется тем, что при незначительных размерах частиц происходит большее наложение их друг на друга, что приводит к увеличению толщины листовочного слоя, а следовательно, и общей толщины покрытия.

Как показали исследования, давление в системе оказывает неоднозначное влияние на рост толщины покрытия: при давлении в пределах от 0,2 до 0,4 МПа толщина резко уменьшается за счет незначительных потерь на туманообразование и более равномерного дробления капель лакокрасочного материала при распылении. При дальнейшем увеличении давления толщина покрытия продолжает снижаться как за счет увеличения потерь на туманообразование, так и за счет резкого уменьшения диаметра капель лака, вылетающих из сопла, и увеличения их скорости, что приводит к тому, что они разлетаются далеко от древесной подложки.

Влияние расстояния от краскораспылителя до образца также неоднозначно: при небольшом расстоянии происходит налив избытка лакокрасочного материала на подложку за сравнительно небольшой промежуток времени (толщина покрытия 140 ... 180 мкм), однако оно имеет неудовлетворительный внешний вид (неравномерное, негладкое, с наплывами); при увеличении расстояния происходит снижение толщины за счет более равномерного нанесения. При постоянной скорости нанесения за определенный промежуток времени формируется покрытие толщиной 80 ... 110 мкм. Дальнейшее изменение расстояния от распылителя до образца приводит к увеличению толщины покрытия за счет возрастания потерь на туманообразование. Из-за того, что металлические частицы пигмента имеют больший вес, чем капли лака, происходит отрыв частиц от сферы капли и попадание полусухих частиц на поверхность подложки. Таким образом, толщина покрытия увеличивается, но его внешний вид становится неудовлетворительным.

Одним из важных свойств воднодисперсионных лаков является свойство полимера после отверждения не растворяться в воде и не быть подверженным воздействию влаги.

Математическая модель зависимости водостойкости  $Y_3$  защитно-декоративного покрытия на основе воднодисперсионных лаков, пигментированных металлическими порошками, от характеристик вводимой пигментной пасты и параметров технологических режимов формирования полимерной пленки ( $X_1 \dots X_4$ ) имеет следующий вид:

$$Y_4 = 201,1 + 28,4X_1 - 21,4X_2 - 26,3X_3 - 20,7X_4 - 14,4X_1X_2 - 17,4X_1X_3 + 17,6X_1X_4 - 14,4X_2X_4 - 12,3X_1^2 - 18,6X_2^2 + 12,3X_3^2 + 33,5X_4^2. \quad (3)$$

Графическая зависимость водостойкости от характеристик пигментной пасты и параметров технологических режимов представлена на рисунке 6.

Как показывает анализ результатов исследований, при повышении концентрации пигментной пасты в лаке значительно возрастает водостойкость покрытия за счет увеличения толщины и количества листовочных слоев частиц пигмента в покрытии. При этом размеры частиц пигмента оказывают обратное пропорциональное влияние на водостойкость за счет увеличения суммарной удельной площади кромок частиц. Так, при изменении размеров частиц с 45 до 15 мкм этот показатель значительно возрастает. Это объясняется тем, что при незначительных размерах частиц происходит большее наложение их друг на друга и увеличение толщины листовочного слоя частиц, плотности их упаковки, а следовательно, и водостойкости покрытия. Связь между давлением в системе и водостойкостью покрытия неоднозначна: в интервале от 0,2 до 0,4 МПа водостойкость максимальная за счет незначительных потерь на туманообразование и более равномерного дробления капель лакокрасочного материала при распылении на древесную подложку. При дальнейшем увеличении давления водостойкость остается практически на одном уровне.

Влияние расстояния от краскораспылителя до образца также проявляется по-разному. При небольшом расстоянии происходит налив лакокрасочного материала на подложку за сравнительно небольшой промежуток времени, поэтому водостойкость покрытия имеет достаточно высокое значение – 330 ... 380 мин. Однако само покрытие имеет неудовлетворительный внешний вид: неравномерное, негладкое, с наплывами. При увеличении расстояния водостойкость снижается за счет уменьшения толщины покрытия.

Полученные нами математические модели, отражающие свойства лакокрасочной композиции и покрытия на ее основе (уравнения (1)–(4)), были использованы для решения задач нахождения экстремальных значений параметров формирования защитно-декоративного слоя воднодисперсионными композициями. Определение параметров производили с помощью метода крутого восхождения. Для принятия компромиссного решения использовали метод условного центра масс [1].

По результатам полученных экстремумов функций отклика находили условные массы экстремальных значений параметров композиций. На основе этих данных определяли координаты условного центра масс, которые принимали в качестве координат оптимальных параметров управления:

$X_1$ (концентрация пигментной пасты в лаке), масс. ....	9,6
$X_2$ (размер частицы пигмента), мкм .....	28
$X_3$ (давление в системе), МПа.....	0,38
$X_4$ (расстояние от краскораспылителя до образца), мм .....	320

Подстановка полученных значений параметров управления в уравнения регрессии (1)–(3) дает следующие рациональные значения зависимых параметров покрытия в точке компромиссной оптимизации:

Твердость, усл. ед. ....	0,7
Толщина, мкм .....	82
Водостойкость, мин .....	400

В реальном технологическом процессе могут иметь место отклонения независимых управляющих факторов от значений, обеспечивающих глобальный оптимум характеристик. В этом случае вышеизложенная процедура расчетов, реализованных на ЭВМ, позволяет быстро находить наиболее эффективные комбинации управляющих параметров.

#### *Выводы*

1. Основное влияние на физико-механические свойства формируемого покрытия оказывают характеристики вводимой в пленкообразователь пигментной пасты (объемная концентрация и дисперсность частиц пигмента).

2. Увеличение объемной концентрации пигментной пасты в лакокрасочном материале приводит к повышению (с 0,5 до 0,7 усл. ед.) твердости, толщины и водостойкости покрытия. Улучшение прочностных и эксплуатационных свойств покрытия обусловлено тем, что при повышении наполнения пигментом объема пленкообразователя увеличивается количество листующих слоев частиц, которые обладают армирующими свойствами.

3. Дисперсность частиц пигмента оказывает неоднозначное влияние на свойства лакокрасочного покрытия. Так, при изменении размеров частиц пигмента с 15 до 45 мкм происходит рост твердости покрытия с 40 до 63 %. Это объясняется тем, что при увеличении размера частиц, т. е. при большей площади единичного листовочного слоя суммарная площадь разрывов между частицами уменьшается, что способствует формированию более монолитного и с меньшим количеством дефектов лакокрасочного покрытия.

4. Толщина лакокрасочного покрытия и его водостойкость возрастают при изменении размера частиц с 45 до 15 мкм. Это объясняется тем, что при незначительных размерах частиц пигмента происходит большее наложение их друг на друга, повышается плотность упаковки и толщина листовочного слоя частиц.

5. Параметры технологических режимов нанесения лака оказывают влияние на качество (твердость, толщина и водостойкость) покрытия. Установлено, что оптимальное давление в системе должно составлять 0,2 ... 0,4 МПа, а расстояние от краскораспылителя до отделываемой поверхности – 300 мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.Н., Гусейнов Э.М. Выбор и обоснование критериев и показателей эффективности при оптимальном проектировании лесных машин // Машины и оборудование для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1981. – Вып. 10. – С. 12–15.

2. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследования процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.

3. Щуркова С.Н. Формирование защитно-декоративных лакокрасочных покрытий с перламутровым эффектом на изделиях из древесины: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – СПб, 1994. – 206 с.

Санкт-Петербургская государственная  
лесотехническая академия

Поступила 5.11.03

*V.I. Onegin, Yu. I. Tsoj*

**Coating Formation on Wooden Products with Modified  
Water-dispersion Paintwork Materials**

Technical and processing recommendations of coating wooden products with water-dispersion acrylic lacquers, modified metallic paint are developed.

---



## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 630\*181.324

***П.В. Миронов, Е.В. Алаудинова, Ю.С. Шимова, С.М. Репях***

Миронов Петр Викторович родился в 1950 г., окончил в 1973 г. Красноярский государственный университет, доктор химических наук, профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 60 печатных работ в области проблем криобиологии и биотехнологии.



Алаудинова Елена Владимировна родилась в 1955 г., окончила в 1978 г. Сибирский технологический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 20 печатных работ в области экологии, биохимии растительной клетки, биотехнологии.



Шимова Юлия Сергеевна родилась в 1977 г., окончила в 1999 г. Сибирский государственный технологический университет, аспирант кафедры химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета. Имеет около 20 печатных работ в области экологии и биохимии растительной клетки.



Репях Степан Михайлович родился в 1937 г., окончил в 1966 г. Сибирский технологический институт, доктор химических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой химической технологии древесины, проректор по научной работе Сибирского государственного технологического университета, академик МАН ВШ и РАЕН. Имеет более 300 научных работ в области химии древесины, экологии, биохимии.



## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИОЗАЩИТНЫХ БЕЛКОВ МЕРИСТЕМ ЗИМУЮЩИХ ПОЧЕК ЕЛИ И ПИХТЫ

Исследованы антифризные свойства водорастворимых белков меристем почек ели и пихты. Исследованы гидрофильные свойства периферического белка мембран на примере меристематических тканей почек ели. Установлена роль исследованных белков в процессе низкотемпературной адаптации растений.

*Ключевые слова:* почки ели и пихты, меристематические ткани, низкотемпературная адаптация, периферические белки, интегральные белки, водорастворимые белки, антифризные свойства.

Методами термического анализа в работе [2] показано, что в процессе охлаждения побегов с почками лиственницы, ели и пихты регистрируются низкотемпературные экзотермы (НТЭ), связанные с кристаллизацией переохлажденной внутриклеточной воды в меристематических тканях.

Способность к глубокому переохлаждению – важнейшее свойство, обеспечивающее клеткам и тканям в целом возможность обезвоживания при образовании внеклеточного льда. При относительно небольших скоростях снижения температуры (до 5 °С/ч) лед образуется преимущественно в специальных зонах льдообразования – полостях, расположенных в основании почек; при постепенном притоке к ним переохлажденной воды из клеток и тканей меристем.

Движущей силой миграции переохлажденной воды к зонам льдообразования является разность химических потенциалов льда и внутриклеточной воды, возникающая вследствие различий в давлении паров воды над льдом и внутриклеточными растворами. Величина переохлаждения определяется как разность температур плавления и кристаллизации. Несмотря на то, что примордии в почках имеют относительно небольшие размеры (как правило, около 1 мм в диаметре), при достаточно высоких скоростях охлаждения (10 ... 20 °С/ч и выше) скорость обезвоживания тканей оказывается недостаточной и переохлажденная вода в клетках может замерзнуть, что регистрируется в виде НТЭ. Если же достигается уровень обезвоживания, соответствующий термодинамическому равновесию со льдом при – 17 ... 20 °С (остаточное содержание воды около 0,5 г/г абс. сухой массы), то оставшаяся вода в клетках может сохраняться в переохлажденном состоянии вплоть до температур гомогенного зародышеобразования (вплоть до – 80 °С).

В работах [1–3] показано, что способность к глубокому переохлаждению внутриклеточной воды в тканях лиственницы обусловлена свойствами водорастворимых веществ клеток меристем, в том числе водорастворимыми белками цитоплазмы, которые обладают повышенной антинуклеационной активностью: водные растворы белка замерзают со значительным переохлаждением (до 12 ... 15 °С) по сравнению с образцами низкомолекулярных растворимых веществ (всего 3 ... 4 °С).

В меньшей степени изучены антинуклеационные свойства водорастворимых белков меристем почек ели и пихты, в которых, как и в почках лиственницы, внутриклеточная вода может находиться в состоянии глубокого переохлаждения. В связи с этим в данной работе продолжено изучение некоторых физико-химических свойств водорастворимых белков цитоплазмы меристем почек ели и пихты, в частности влияние низко- и высокомолекулярных фракций водорастворимых белков на степень переохлаждения их водных растворов, а также влияние ферментов (пептидаз) и термического воздействия (нагревание до 100 °С) на антинуклеационную активность этих белков.

Для оценки переохлаждения растворов применяли эмульсионную методику [4], позволяющую исключить влияние центров гетерогенного зародышеобразования на процесс кристаллизации и достичь максимально возможного переохлаждения. В этом случае растворы в каплях эмульсии (типа вода в масле) будут замерзать по механизму гомогенного зародышеобразования, поскольку центры гетерогенной кристаллизации, как правило, всегда присутствующие в малом количестве в воде и водных растворах, будут изолированы в небольшом числе капель.

На рис. 1 приведены результаты определения методом дифференциально-термического анализа температуры гомогенной нуклеации льда в растворах различных веществ в микрокаплях эмульсии (средний диаметр капель около 2 мкм). Наибольшее переохлаждение обеспечивает фракция высокомолекулярных водорастворимых белков цитоплазмы меристем почек ели и пихты; с меньшим переохлаждением замерзают растворы суммарного водорастворимого белка, с еще меньшим – растворы низкомолекулярных фракций (молекулярные массы ниже 80 кД). В то же время даже низкомолекулярные белки обладают более высокой антинуклеационной активностью по сравнению с суммарной фракцией водорастворимых веществ цитоплазмы (включающей белки) и фракцией низкомолекулярных веществ.

Белковая природа антинуклеационного фактора подтверждается обработкой образцов суммарной фракции водораство-

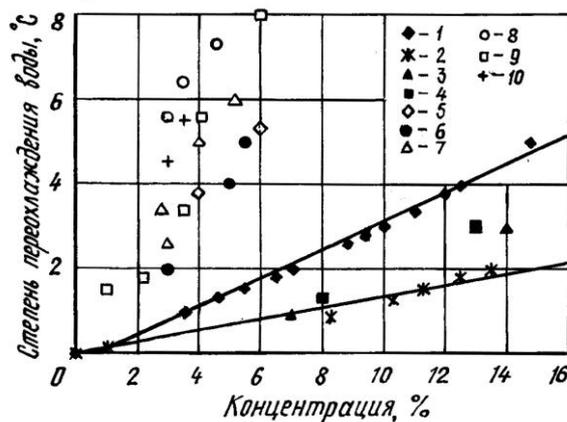


Рис. 1. Зависимость степени переохлаждения воды от концентрации растворенных веществ: 1, 2 – суммарная фракция водорастворимых веществ и низкомолекулярные вещества цитоплазмы меристем почек ели; 3, 4 – обработанные термически и пептидазами суммарные фракции водорастворимых веществ; 5, 6 – низкомолекулярные фракции белков цитоплазмы меристем почек пихты и ели; 7, 9 – суммарный водорастворимый белок меристем почек пихты и ели; 8, 10 – высокомолекулярные фракции водорастворимых веществ и белков цитоплазмы меристем почек ели

римых веществ цитоплазмы ферментом пептидазой, разрушающей белки (добавление к образцу ферментного препарата с концентрацией 1 мг/мл и инкубация в течение 2 ч). Такая обработка значительно снижает антинуклеационную активность: степень переохлаждения воды в данных образцах становится более характерной для растворов низкомолекулярных веществ. Нагревание до 100 °С в течение 1 мин суммарной фракции водорастворимых веществ также приводит к снижению антинуклеационной активности (рис. 1).

Таким образом, водорастворимые белки цитоплазмы меристем почек ели и пихты, как и аналогичные белки лиственницы, обладают антинуклеационным действием, которое выражается в ингибировании образования устойчивых зародышей льда в их водных растворах и, как следствие, приводит к снижению температуры замерзания.

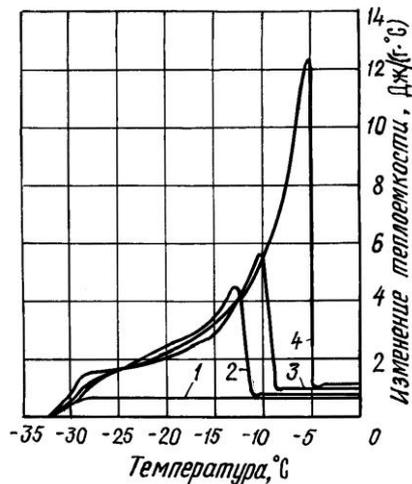
В работе [2] показано, что весной содержание водорастворимого и периферического белков возрастает и достигает значений, превышающих среднезимний уровень. В этот же период быстро увеличивается содержание воды в клетках меристем (набухание почек) и температура кристаллизации внутриклеточной воды. Однако даже при содержании воды в меристемах до 250 ... 300 % определенная способность к переохлаждению все еще сохраняется: температура начала замерзания внутриклеточной воды в это время составляет около -20 ... -22 °С. Содержание воды в меристемах зимой в условиях полного оттаивания почек составляет 1,2 ... 1,4 г/г абс. сухого материала. Совпадение весеннего повышения содержания белка с увеличением содержания воды, по-видимому, можно объяснить необходимостью дополнительной защиты клеток от внутриклеточного замерзания при вероятных в это время заморозках.

В момент весеннего максимума содержания водорастворимого белка цитоплазмы его фракционный состав существенно меняется [2], однако эти белки все еще обладают определенной антинуклеационной активностью, соответствующей активности низкомолекулярных белков цитоплазмы зимующих меристем (рис. 1).

Наименее устойчивыми структурами клеток при низкотемпературном обезвоживании (при оттоке переохлажденной внутриклеточной воды к внеклеточным зонам льдообразования) являются клеточные мембраны. Предполагается, что одной из основных причин повреждений мембран служит их дегидратация при низких температурах. Существенная роль в защите биологических мембран от дегидратации отводится периферическим мембранным белкам [1, 2].

В работе [1] приведены результаты изучения криозащитных свойств периферических белков комплекса клеточных мембран меристем почек лиственницы. Установлено, что периферические белки мембран, как и водорастворимые белки цитоплазмы, обладают антинуклеационными свойствами. Эти свойства проявляются в том, что периферические белки формируют на поверхности мембран однородный гидрофильный слой, обеспечивающий инактивацию существующих на мембранах неоднородностей, которые мо-

Рис. 2. Температурная зависимость изменения теплоемкости в образцах выделенного из клеточных мембран меристем почек ели периферического белка с различным содержанием воды: 1 – 0,30 г/г; 2 – 0,40; 3 – 0,45; 4 – 0,70 г H<sub>2</sub>O/г абс. сухой массы



гут служить центрами гетерогенного зародышеобразования. Без подобного слоя глубокое переохлаждение внутриклеточной воды было бы невозможно. Свойства такого слоя, с точки зрения защиты мембран от дегидратации, не изучены.

В связи с этим представляется интересным оценить количество воды, связываемой при различных отрицательных температурах периферическими белками, выделенными из мембран, а также целыми клеточными мембранами и мембранами с удаленным слоем периферических белков. Такие измерения, как известно, можно выполнить методом дифференциальной сканирующей калориметрии.

На рис. 2 приведены калориметрические кривые размораживания препаратов периферических белков, выделенных из мембранного комплекса меристем почек ели. Плавление льда в образцах начинается с относительно резкого подъема теплоемкости при температуре около  $-30^{\circ}\text{C}$ . Этот прирост, вероятнее всего, связан с расстеклованием гидратированного белка, находящегося при более низкой температуре в стеклообразном состоянии. Затем в широкой области температур регистрируются пики теплопоглощения, связанные с плавлением различных количеств льда.

Для оценки количества связываемой воды при различных температурах в области фазового перехода плавления необходимо по кривым изменения теплоемкости построить температурные зависимости теплопоглощения (в расчете на сухую массу образцов с различным влагосодержанием). Соответствующие кривые приведены на рис. 3, а.

Рассчитав для образцов с различным содержанием воды тепловой эффект и отнеся его к сухой массе образца, можно получить зависимость теплопоглощения от содержания воды в образцах.

На рисунке 3, б приведены соответствующие зависимости для препаратов периферического белка и мембранного комплекса. Точка пересечения полученных прямых с осью абсцисс соответствует количеству связан-

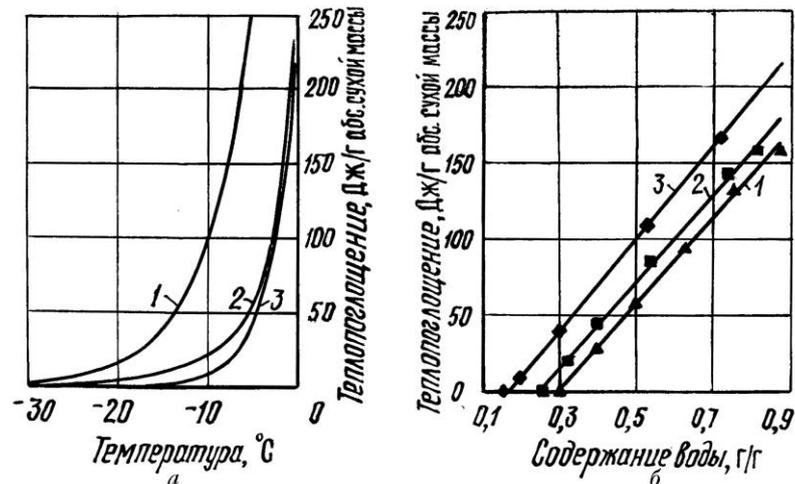


Рис. 3. Зависимость теплопоглощения в области фазовых переходов воды (плавления) в образцах от температуры (а) и содержания воды (б): 1 – периферический белок комплекса клеточных мембран меристем почек ели (суммарная фракция); 2 – комплекс клеточных мембран меристем почек ели; 3 – то же с удаленными периферическими белками

ной невымораживаемой воды. Суммарная фракция белков характеризуется более высоким содержанием невымораживаемой воды по сравнению с препаратами мембранного комплекса.

При удалении периферических белков количество невымораживаемой воды в мембранах становится ниже, чем в нативных. Это свидетельствует о том, что периферические белки обеспечивают защиту мембран от дегидратации.

Пользуясь данными рис. 3, можно определить количество незамерзшей воды, связываемой белками и мембранами при температуре в области  $-30 \dots 0$  °C. Полученные результаты показывают, что именно периферические белки при всех температурах связывают повышенное количество воды, обеспечивая необходимый уровень гидратации мембран.

Температурная зависимость содержания незамерзшей (связанной) воды в различных образцах клеточных мембран меристематических тканей почек ели приведена на рис. 4, анализируя который можно сделать вывод о том, что вторая криозащитная функция периферических белков связана с их способностью препятствовать излишней дегидратации мембран.

Таким образом, приведенные результаты дают основание считать, что именно мембранные белки обеспечивают сохранение нативной структуры биологических мембран при низких температурах.

Как было показано в работе [2], содержание мембранных белков в меристемах почек ели в зимний период достигает 77 % от всей массы мембран (отношение белок : липид равно приблизительно трем). При этом доля

интегральных белков составляет около 51 %, периферических – до 26 % от массы мембран [2].

Несложные расчеты с учетом массовой доли мембран в клетках показывают, что этого количества периферических белков (в предположении о глобулярном строении их основной массы) достаточно для формирования плотного монослоя на поверхности клеточных мембран и образования их внешнего «скелета». Высокое содержание белков, адсорбированных на поверхности клеточных мембран, обеспечивает стабилизацию последних при низких температурах. Механизм такой стабилизации может состоять в следующем: температура начала перехода гидратированных периферических белков мембран в стеклообразное состояние составляет около  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 2). При температурах ниже  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  в результате аморфного затвердевания (стеклования) слоя адсорбированных периферических и, вероятно, интегральных белков структура биомембран фиксируется при условии достаточного уровня обезвоживания клеток и становится нечувствительной к температурному воздействию.

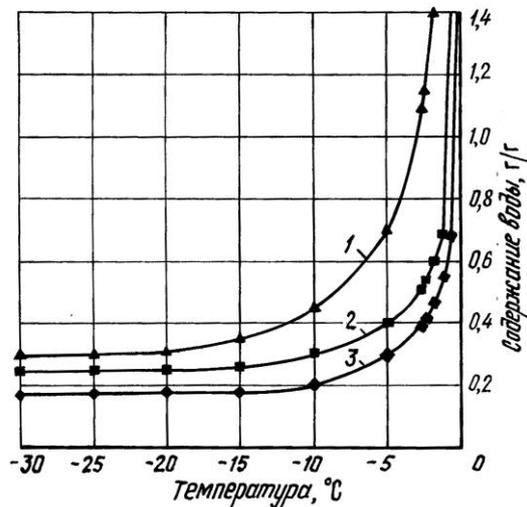


Рис. 4. Зависимость содержания незамерзшей (связанной) воды в образцах от температуры (см. обозначения на рис. 3)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алаудинова Е.В. Сезонные изменения состава и свойств белков и фосфолипидов меристематических тканей почек лиственницы сибирской: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Красноярск, 2000. – 23 с.
2. Миронов П.В., Алаудинова Е.В., Релях С.М. Низкотемпературная устойчивость живых тканей хвойных. – Красноярск, 2001. – 221 с.
3. Миронов П.В., Лоскутов С.Р. Исследование морозостойкости древесных растений, интродуцируемых в дендрарии Института леса СО РАН. 1. Роль белков-криопротекторов в переохлаждении внутриклеточной воды в тканях лиственницы сибирской // Лесн. журн. – 1998. – № 6. – С. 24–29. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Rasmussen D. N, Loper c. K. DSC: A rapid method for isothermal rate nucleation measurement // Acta Metallurg. – 1976. – Vol. 24. – P. 117–123.

Сибирский государственный технологический университет

Поступила 15.10.02

---

*P.V. Mironov, E.V. Alaudinova, Yu.S. Shimova, S.M. Repyakh*

**Physical-and-chemical Properties of Cryoprotective Proteins of Meristems of Spruce and Fir Wintering Buds**

Antifreezing properties of water-soluble proteins of spruce and fir buds' meristems are studied. Hydrophilic properties of membranes' peripheral protein based on the example of meristem tissues of spruce buds are investigated. The role of proteins under study in the process of low-temperature adaptation of plants is set.

---

УДК 533.9:630\*86

***Д.Г. Чухчин, Т.А. Величко, Л. В. Герасимова,  
С.В. Манахова, О.М. Соколов***

Чухчин Дмитрий Германович родился в 1971 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области химической переработки древесины.



Величко Татьяна Анатольевна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Поморский государственный университет. Аспирант кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета.



Герасимова Лариса Владимировна родилась в 1967 г., окончила в 1989 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры общей и аналитической химии Архангельского государственного технического университета. Имеет около 20 печатных работ в области химической переработки древесины.



Манахова Светлана Валерьевна родилась в 1966 г., окончила в 1988 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры общей и аналитической химии Архангельского государственного технического университета. Имеет 15 печатных работ в области химической переработки древесины.



Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой биотехнологии Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИА, РАЕН, Академии проблем качества РФ, чл.-кор. МИА, заслуженный деятель науки РФ.



Имеет более 170 научных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.

### **ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ НА МОЛЕКУЛЯРНУЮ МАССУ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНИНОВ\***

Определены изменения химического и полимолекулярного состава препаратов технических лигнинов в результате воздействия на них ускоренных электронов.

*Ключевые слова:* ускоренные электроны, технические лигнины, химический состав, молекулярные массы.

Технические лигнины обладают относительно невысокой реакционной способностью и традиционно, без предварительного модифицирования, используются лишь как топливо и для нужд сельского хозяйства. Поэтому целесообразно модифицирование лигнина путем введения в его макромолекулу новых активных функциональных групп (фенольных и спиртовых гидроксидов, карбоксидов и др.). Химически модифицированные лигнины могут найти более широкое применение в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства в качестве связующих, поверхностно-активных веществ, удобрений, дубителей, сорбентов, полимерных композиций и т.д.

В настоящее время нами разрабатываются новые эффективные плазмохимические методы обработки, которые основаны на электронно-лучевых технологиях [2, 10]. Воздействие в этом случае оказывают как частицы плазмы, так и ускоренные электроны. Нами проведена оценка вклада ускоренных электронов в модифицирующее воздействие этих двух составляющих.

---

\* Работа выполнена в рамках НТП Минобразования РФ «Научные исследования высшей школы в области производственных технологий».

6\*

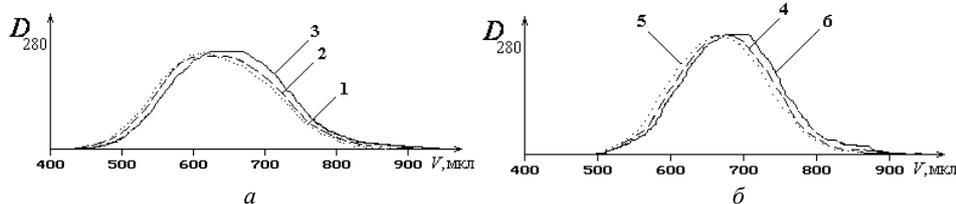
В литературе достаточно широко представлены работы, в которых изучено воздействие  $\gamma$ -излучения на древесину. В частности, в них сообщается [3, 9], что высокие дозы (5,0 ... 6,5 МДж/кг) приводят к заметному снижению содержания щелочеустойчивой целлюлозы и увеличению количества экстрактивных веществ, которое достигает 70 % от массы облученной древесины. При этом содержание целлюлозы снижается до нуля, лигнина – всего с 30 до 27 %, но повышается его растворимость в этаноле и диоксане. Однако большинство авторов [5–8, 12, 13] приходят к выводу, что реальное содержание лигнина значительно меньше, чем это определяется методом Класона, так как в процессе выделения лигнин способен увеличивать свою массу, конденсируясь с другими компонентами и продуктами деструкции древесины.

В работе [6] отмечается, что в древесине имеет место эффективный перенос энергии возбуждения или свободной валентности от углеводного комплекса к лигнину, т. е. лигнин защищает углеводную часть от радиационного разрушения, и этому процессу благоприятствует наличие химической связи (простой или сложной эфирной) между полисахаридами и лигнином [1]. Радиационно-химические превращения древесины сопровождаются деструкцией макромолекулярных структур не только углеводного, но и лигнинного комплекса, что подтверждается растворением компонентов последнего в нейтральных и щелочных водных вытяжках. При облучении в лигнине древесины увеличивается содержание карбоксильных и карбонильных групп.

Нами ранее выявлено [10], что лигнин в древесине менее устойчив к радиационным воздействиям, чем препарат лигнина, выделенного из древесины. Поэтому актуальным является дальнейшее исследование лигнинов, обработанных ускоренными электронами.

Образцы лигносульфонатов и сульфатного лигнина представляли собой пленки на стекле, полученные из раствора диметилсульфоксида после испарения растворителя. При обработке они находились в окружении воздуха при атмосферном давлении. Следует отметить, что при воздействии электронного потока на воздух, кроме нагрева последнего, возможно образование озона, который, в свою очередь, также способен взаимодействовать с лигнином.

При обработке образцов ускоренными электронами оказывают воздействие, в основном, электроны высоких энергий, каждый из которых имеет энергию, достаточную для разрушения сотен тысяч химических связей. В результате таких воздействий в лигнине образуются радикалы. В обычном режиме работы ускорителя в обрабатываемом образце выделяется много теплоты, которой достаточно для его нагрева до нескольких сотен градусов и начала неуправляемых экзотермических процессов. Поэтому, чтобы не повышать температуру более 100 °С, обработку проводили импульсно (частота 1 ... 20 Гц, длительность 45 мкс). В таком режиме образцы лигносульфонатов обрабатывали в течение соответственно 2100 и 8 с,



Нормированные хроматограммы лигносульфонатов (1–3) и сульфатного лигнина (4–6) до (3, 6) и после (1, 2, 4, 5) обработок (Здесь и далее, в табл 1, 2, номер кривой совпадает с номером образца; 3, 6 – исходные образцы.)

а образцы сульфатного лигнина – 240 и 480 с (ток электронов в импульсе 50 А, ускоряющее напряжение 250 кВ).

Молекулярно-массовое распределение изучали с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе «Миллихром – 4» [11].

Содержание функциональных групп в исходных лигнинах и обработанных образцах определяли по общепринятым методикам [4]: метоксильные – по методу Цейзеля – Фибеха – Шваппаха, общие карбоксильные – хемосорбцией с ацетатом кальция, карбонильные – оксимированием солянокислым гидроксиламином.

Хроматограммы образцов, приведенные на рисунке, показывают, что принципиальных изменений в молекулярно-массовом составе при обработке не происходит, так как распределение не выявило ярко выраженного изменения низкомолекулярной и высокомолекулярной частей. Несмотря на интенсивное воздействие электронов, не появляются мелкие фрагменты разрушившихся молекул. Исключение составляют летучие в нормальных условиях вещества – вода, углекислый газ, метанол и т. п. Результаты определения средних значений молекулярных масс, отраженные в табл. 1,

Таблица 1

**Молекулярно-массовое распределение исходных и обработанных лигнинов в зависимости от энергии обработки**

Образец	Энергия, поглощенная образцом, МДж/кг	Молекулярные массы, а.е.м.		
		$M_n$	$M_w$	$M_z$
Лигносультаты:				
1	14,447*	28 600	78 300	165 000
2	0,042	28 900	88 900	196 600
3	0,000	24 000	70 400	140 700
Сульфатный лигнин:				
4	6,336	2 200	6 300	13 100
5	12, 672	2 200	6 700	14 300
6	0,000	1 900	5 500	10 900

\* Расстояние от выпускного окна ускорителя до образца – 30 см, в остальных случаях – 6 см.

Таблица 2

**Функциональный состав исходных и обработанных лигнинов**

Образец	Содержание функциональных групп, %				
	общих кислотных	метоксильных	сильно кислотных	карбонильных	фенольных
Лигносультаты:					
1	2,04	7,35	1,59*	3,42	0,45
2	1,83	7,08	1,23*	2,30	0,60
3	1,55	9,35	1,45*	1,43	0,10
Сульфатный лигнин:					
4	5,37	9,28	1,40	5,36	3,97
5	5,85	9,64	1,35	6,00	4,50
6	5,58	11,83	2,17	5,93	3,41

\* Суммарное содержание сульфо- и карбоксильных групп.

свидетельствуют о том, что модифицированные лигнины имеют бóльшую молекулярную массу, что должно, по-видимому, свидетельствовать о протекании конденсационных процессов. При этом  $\bar{z}$ -средняя молекулярная масса растет примерно в два раза быстрее, чем среднечисловая молекулярная масса. Это характерно как для лигносульфонатов, так и для сульфатного лигнина.

На реакционную способность лигнинов большое влияние оказывают общие гидроксильные, метоксильные, карбонильные и карбоксильные группы. Поэтому было изучено, как влияет обработка ускоренными электронами на изменение содержания этих групп в материале образцов.

Из табл. 2 видно, что в сульфатном лигнине и лигносульфонатах при обработке закономерно уменьшается примерно на 1/4 содержание метоксильных групп, после чего наступает некоторая стабилизация, последующая обработка практически не влияет на этот показатель; содержание фенольных групп возрастает на 0,5 %. Содержание карбонильных и сильноокислых групп после обработки изменяется по-разному: у лигносульфонатов доля сильноокислых групп практически не изменяется, у сульфатного лигнина – уменьшается на 30 ... 40 %; содержание карбонильных групп у лигнина остается неизменным, в то время как у лигносульфонатов возрастает в 1,5–2,4 раза.

#### *Обсуждение результатов*

При обработке ускоренными электронами возможен разрыв любых химических связей, чаще всего это происходит с образованием радикалов. Однако в подавляющем большинстве случаев должна происходить рекомбинация этих радикалов с образованием исходных структур. Это, в первую очередь, связано с тем, что в условиях обработки технические лигнины находятся в твердом, плотно упакованном состоянии при относительно низкой температуре. Вследствие этого, подвижность радикалов ограничена и вероятность образования новых вариантов связей мала. Исключения могут составлять те случаи, когда от макромолекулы отщепляется малый фрагмент, летучий в условиях эксперимента и находящийся на поверхности обрабатываемого образца. Такой фрагмент газифицируется, а со стороны макромолекулы образуется долгоживущий радикал, который может затем взаимодействовать с водой (влажность образцов лигнина около 5 %), кислородом или озоном.

В связи с тем, что метоксильные группы в лигнине мало отличаются друг от друга по энергиям связи (фактически наблюдается их четкое разделение по способности отщепляться под действием ускоренных электронов), то такое явление можно было бы объяснить разным пространственным расположением фрагментов макромолекулы: часть их находится на периферии, другие – внутри макромолекулы. Наружные фрагменты более уязвимы к внешним воздействиям по причине того, что в лигнине создается значительный электростатический заряд, так как часть электронов, потеряв энер-

гию, скапливается на периферии, ослабляя тем самым химические связи. Однако в таком случае лигнины с разной молекулярной массой должны принципиально отличаться процентом убыли метоксильных групп, чего фактически не наблюдается.

Вероятно, объяснением полученного эффекта может стать структура обрабатываемого образца лигнина, которая представляет собой пленку, толщиной около 0,15 мм. Если предположить, что лимитирующей стадией реакции отщепления метоксильных групп является диффузия продуктов реакции через слой лигнина, то на поверхности образца демеоксилирование пойдет во много раз быстрее. Таким образом, 1/4 метоксильных групп может быть удалена из лигнина в первые секунды обработки, а 3/4 оставшихся более устойчивы к воздействию ускоренных электронов. «Быстрые» электроны, имеющие энергию 250 кэВ, способны легко проникать сквозь образец, поэтому влиянием этого фактора для объяснения полученного эффекта можно пренебречь. Аналогично можно объяснить рост содержания фенольных групп, который может быть лимитирован проникновением кислорода воздуха в образец. Кроме того, образование фенольных групп возможно на месте разрушенных метоксильных групп.

Карбоксильные группы по своей природе малоустойчивы к любым воздействиям, повышающим энергию молекул, и процесс декарбоксилирования приводит к выделению термодинамически более устойчивого оксида углерода. Это и происходит в образцах сульфатного лигнина. Большая часть сильноокислых групп лигносульфонатов представлена сульфогруппами, более устойчивыми к обработке, поэтому их содержание изменяется несущественно. Напротив, относительно насыщенный карбонильными группами сульфатный лигнин не получает их прироста, в то время как в лигносульфонатах содержание этих групп возрастает от 1,4 до 3,4 %.

Как правило, большинство воздействий на лигнины сопровождаются процессами как деструкции, так и конденсации. Существенный прирост молекулярной массы возможен, если идет межмолекулярная конденсация. Однако прирост среднемассовой молекулярной массы составляет не более 30 %. Следует отметить, что основные изменения химического состава и молекулярной массы происходят в начальный момент обработки, а дальнейшее воздействие становится менее эффективным. Например, для увеличения молекулярной массы лигносульфонатов на 10 % достаточно нескольких секунд, а следующие 10 % потребуют в сотни раз больше времени для обработки.

С этой точки зрения изменения молекулярной массы лигнинов можно интерпретировать следующим образом. В достаточно редких случаях разрыва скелетных связей макромолекул снижается степень сшитости пространственной сетки молекулы лигнина, поэтому увеличивается размер молекулы в растворителе, который фиксируется эксклюзионной ВЭЖХ, масса макромолекул при этом изменяется мало. Чем больше размер макромолекул, тем в большей мере должен проявляться этот эффект.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Браунс Ф.Э., Браунс Д.А. Химия лигнина / Пер. с англ. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 464 с.
2. Бычков В.Л., Васильев М.Н., Коротеев А.С. Электронно-пучковая плазма. Генерация, свойства, применение: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГОУ, 1993. – 168 с.
3. Гравитис А.Я., Эриньи П.П., Цините В.А. Деградация еловой и березовой древесины под действием гамма-излучения // Химия древесины. – 1976. – № 4. – С. 17–23.
4. Закус Г.Ф., Можейко А.Н., Тельшева Г.М. Методы определения функциональных групп лигнина. – Рига: Зинатне, 1975. – 176 с.
5. Климентов А.С., Высоцкая И.Ф. Исследование радиационно-разрушенной древесины. 1. Влияние  $\gamma$ -облучения на физико-химические свойства древесины // Химия древесины. – 1979. – № 5. – С. 30–32.
6. Климентов А.С. и др. Исследование радиационно-разрушенной древесины. 3. Влияние  $\gamma$ -облучения на физико-химические свойства древесины / А.С. Климентов, Ю.А. Комков, С.В. Скворцов и др. // Химия древесины. – 1983. – № 1. – С. 33–37.
7. Климентов А.С. и др. Исследование радиационно-разрушенной древесины. 4. Влияние  $\gamma$ -облучения на состав древесины осины и ее перевариваемость жвачными животными / А.С. Климентов, И.Ф. Высоцкая, Р.К. Шаханова и др. // Химия древесины. – 1983. – № 5. – С. 83–87.
8. Климентов А.С. и др. Исследование радиационно-разрушенной древесины. 5. Радиационно-химическая деструкция полисахаридов в древесине / А.С. Климентов, Б.Г. Ершов, Л.Н. Краев, И.Ф. Высоцкая // Химия древесины. – 1978. – № 1. – С. 68–71.
9. Скворцов С.В., Климентов А.С., Краев Л.Н. Влияние  $\gamma$ -облучения на химический состав древесины различных частей осиновых деревьев // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1983. – № 2. – С. 10–11.
10. Соколов О.М. и др. Модифицирование целлюлозосодержащих материалов в электронно-пучковой плазме / О.М. Соколов, М.Н. Васильев, Д.А. Сухов и др. // Лесн. журн. – 1997. – № 6. – С. 83–87. – (Изв. высш. учеб. заведений).
11. Соколов О.М., Чухчин Д.Г., Майер Л.В. Высокоэффективная жидкостная хроматография лигнинов / Лесн. журн. – 1998. – № 2-3. – С. 132–136. – (Изв. высш. учеб. заведений).
12. Чеховская В.В., Лапан А.П., Парамонова Т.Г. Исследование лигнина древесины лиственных пород // Химия древесины. – № 5. – 1979. – С. 54–57.
13. Шорыгина Н.Н. Современное состояние химии лигнина // Химия древесины. – 1968. – № 1. – С. 7–30.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 15.10.03

*D.G. Chukhchin, T.A. Velichko, L.V. Gerasimova,  
S.V. Monakhova, O.M. Sokolov*

**Influence of Accelerated Electrons' Processing on Molecular Mass and  
Chemical Analysis of Technical Lignins**

Changes of chemical and polymolecular composition of technical lignin preparations are determined resulting from accelerated electrons' effect on them.

---

УДК 544.35

**Н.В. Шорина, Д.С. Косяков, К.Г. Боголицын**

Шорина Наталья Валерьевна родилась в 1969 г., окончила в 1992 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант кафедры теоретической и прикладной химии. Область научных интересов – физикохимия неводных растворов.



Косяков Дмитрий Сергеевич родился в 1972 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета. Имеет около 20 печатных работ в области физикохимии неводных растворов.



Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета, директор Научно-исследовательского института химии и химической технологии при АГТУ, академик МАНЭБ и РАИН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 250 научных трудов в области физико-химических основ процессов переработки древесины.

**ОСОБЕННОСТИ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ pH  
В ВОДНО-АЦЕТОНОВОЙ СРЕДЕ\***

Установлены границы применимости и верхний предел pH-функционирования стеклянного электрода ЭСЛ-63-07 в водно-ацетонной среде; определены оптимальные условия проведения потенциометрического титрования.

*Ключевые слова:* апротонный растворитель, ацетон, показатель активности протонов, градиент электродной функции.

---

\* Статья написана по результатам работ, выполняемых по проекту № 02-03-97502 «Влияние природы растворителя на молекулярные свойства и реакционную способность лигнинных полимеров» и финансируемых администрацией Архангельской области и Российским фондом фундаментальных исследований.

Настоящая работа является продолжением исследования влияния природы растворителя на кислотно-основные свойства лигнина и родственных ему фенолов в системе вода – апротонный растворитель [4, 5, 6].

Известно, что поведение лигнина в различных средах зависит от кислотности его структурных фрагментов [7]. Для определения кислотности в смесях воды с диполярными апротонными растворителями наиболее пригоден метод потенциометрического титрования со стеклянным электродом [1, 2, 10].

В качестве растворителя выбран ацетон, хорошо растворяющий нативные и технические лигнины и широко используемый в химии древесины [10, 13]. В литературе имеется мало сведений по поведению стеклянного электрода в водно-ацетоновых средах, однако известно [8], что в чистом ацетоне стеклянный электрод работает неустойчиво из-за сильного дегидратирующего действия растворителя.

Целью данной работы является оптимизация условий потенциометрических измерений со стеклянным электродом в водно-ацетоновых средах. Для реализации поставленной цели необходимо установить границы применимости стеклянного электрода в растворителе разного состава и верхний предел его рН-функционирования.

#### *Методическая часть*

Для эксперимента готовили водно-ацетоновые растворы с различным массовым содержанием ацетона (ацетон марки «хч», Экрос, использовали без дополнительной очистки). В качестве титрантов применяли растворы гидроксидов натрия («хч», Экрос), калия («rigum», СHEMAPOЛ), лития («ч», Экрос), тетрабутиламмония («pract.», Fluka). Для заполнения хлорсеребряного электрода использовали хлорид калия («хч», Экрос), хлорид тетраметиламмония («pract.», Fluka). Дистиллированную воду перед применением кипятили для удаления растворенных в ней газов.

Потенциометрические измерения производили при помощи стеклянного электрода марки ЭСЛ-63-07 (Гомельский ЗИП) на рНметрииономере «Эксперт-001» («Эконикс-Эксперт», Москва).

Имеются сведения о широкой области рН-функционирования этого электрода в водно-органических средах и хороших результатах, полученных при работе с ним в сильно щелочных средах [2, 3, 11]. Кроме того, он неплохо зарекомендовал себя при работе в средах вода – ДМСО, вода – ДМФА [5, 6].

Титрование осуществляли при постоянном перемешивании в стеклянной термостатируемой ячейке при температуре  $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ . Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод марки ЭВЛ-1-МЗ стандартного заполнения (3 М водный раствор КСl). Но из-за кристаллизации КСl на границе электрод сравнения – водно-ацетоновая смесь нами параллельно был проверен эксперимент с использованием для за-

нения электрода водного раствора хлорида тетраметиламмония (концентрация 3М) [11].

### Экспериментальная часть

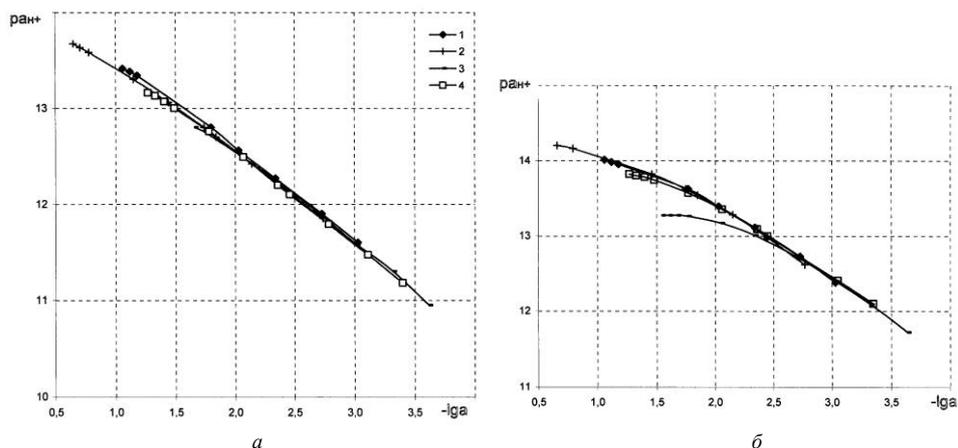
С помощью рНметр-иономера, откалиброванного по свежеприготовленным из фиксаналов водным буферным растворам (тетраборатный, фталатный), измеряли рН растворов. Правильность калибровки контролировали ежедневно. Полученное инструментальное значение рН пересчитывали на величину показателя активности протонов  $ra_{H^+}$ , отнесенную к бесконечно разбавленному раствору в данном растворителе как стандартному состоянию путем введения поправки  $\delta$ , учитывающей межфазный потенциал на границе водного и неводного растворов, а также энергию переноса протона из воды в смешанный растворитель [2].

Концентрации титрантов пересчитывали в активности с использованием данных о коэффициентах активности для катионов натрия, калия, лития либо вычисляли по уравнению Дебая–Хюккеля для катиона тетрабутиламмония [9, 12].

На рис. 1 представлены зависимости  $ra_{H^+}$  от  $\lg a$  ( $a$  – показатель активности соответствующего гидроксид-иона).

На основании графических данных определяли предельное значение рН ( $ra_{H^+}$ ), как величину, до которой сохраняется линейность электродной функции стеклянного электрода. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Другой важной характеристикой работы стеклянного электрода является градиент электродной функции, который должен быть равен стандартному значению 59 мВ при температуре 25 °С. Определение проводили



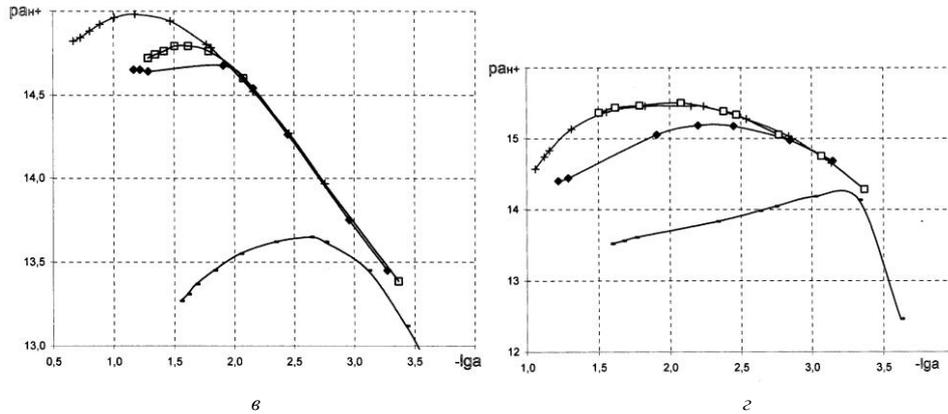


Рис. 1. Зависимость  $pH_{н+}$  от  $lg a$  для 20,0 (а), 43,1 (б), 68,8 (в) и 83,0 (г) %-й водно-ацетоновой смеси (хлорсеребряный электрод заполнен KCl): 1 – NaOH, 2 – KOH, 3 – LiOH, 4 – тетрабутиламмоний

по 2-3 параллельным опытам, погрешность измерения не превышала  $\pm 0,2$  мВ (табл. 2).

Не удалось получить удовлетворительные результаты при определении градиента электродной функции для сред с массовой долей ацетона более 80 %.

Таблица 1

**Верхний предел pH-функционирования стеклянного электрода в зависимости от состава растворителя**

Гидроксид	Верхний предел $pH_{н+}$ в растворе с массовой долей ацетона, %		
	20,0	43,1	68,8
NaOH	14,0	13,5	14,5
KOH	14,0	13,5	14,5
LiOH	12,5	12,5	12,5
(Bu) <sub>4</sub> NOH	14,0	13,5	14,5

Таблица 2

**Градиент электродной функции стеклянного электрода в зависимости от состава растворителя**

Гидроксид	Градиент электродной функции, мВ, в растворе с массовой долей ацетона, %		
	20,0	43,1	68,8
NaOH	53,4	58,6	66,0
KOH	54,7	60,0	51,2
LiOH	55,5	63,4	58,3
(Bu) <sub>4</sub> NOH	58,4	55,8	62,1

Анализ данных для электродов сравнения с различным заполнением показал, что применение хлорида тетраметиламмония не приемлемо вследствие нарушения теоретической водородной функции стеклянного электрода (рис. 2). Градиент электродной функции имел значительное отклонение от теоретической величины уже в водном растворе. Это можно объяснить разложением хлорида тетраметиламмония в сильно щелочных средах, что приводит к повышению буферной емкости.

Для устранения кристаллизации хлорсеребряно-границе водно-электрод – мендовано пезамачивание в сокращение

та с водно-ацетоновой средой.

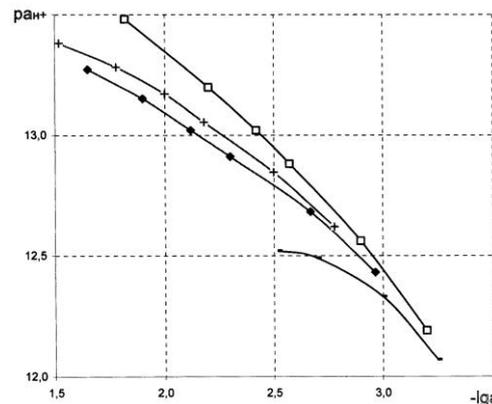


Рис. 2. Зависимость  $p_{aH^+}$  от  $lga$  для 68,8 %-й водно-ацетоновой смеси (хлорсеребряный электрод заполнен хлоридом тетраметиламмония, обозначения приведены на рис. 1)

го электрода на ацетоновой смеси сравнения рекопериодическое его горячей воде и времени контак-

#### Выводы

1. Потенциометрическое титрование со стеклянным электродом марки ЭСЛ-63-07 целесообразно проводить в среде с массовой долей ацетона менее 80 %, используя в качестве заполнения для хлорсеребряного электрода стандартный водный раствор КСl.

2. Нернстовская область электродной функции стеклянного электрода в водно-ацетоновых растворах для катионов натрия, калия, тетрабутиламмония соблюдается до рН 14, для катионов лития – до рН 12,5.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.В., Бережная Т.А., Уварова О.Н. Кислотность растворов в 50 %-й смеси диоксана с водой // Журнал химии неводных растворов / Институт химии неводных р-ров РАН. – 1992. – Т. 1, № 2. – С. 177–180.
2. Александров В.В. Кислотность неводных растворов. – Харьков: Вища шк., 1981. – 152 с..
3. Альберт А., Серженс Е. Константы ионизации кислот и оснований / Пер. с англ. – М.: Химия, 1964. – 180 с.
4. Горбова Н.С., Боголицын К.Г., Косяков Д.С. Кислотность родственных лигнину фенолов в смешанном растворителе ДМСО – вода // Материалы 8-й Международ. конф., 2001. – С. 29.

5. Горбова Н.С., Боголицын К.Г., Косяков Д.С. Разработка потенциометрического метода для определения констант ионизации модельных соединений лигнина в ДМСО и его смесях с водой // Лесн. журн. – 2000. – № 4. – С. 111–116. – (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Горбова Н.С. Кислотно-основные свойства родственных лигнину фенолов в системе вода-апротонный растворитель: Дисс. ... канд. хим. наук. – Архангельск, 2002. – 120 с.

7. Зарубин М.Я. и др. Роль кислотно-основной природы лигнина при химической переработке древесины / М.Я. Зарубин, М.Ф. Кирюшина, В.В. Троицкий, и др. // Химия древесины. – 1983. – № 5. – С. 3–16.

8. Корыта И. и др. Ионоселективные электроды. – М.: Мир, 1989. – 267 с.

9. Краткий справочник физико-химических величин. – М.: Химия, 1967. – 362 с.

10. Крешков А.П., Быкова Л.Н., Казарян Н.А. Кислотно-основное титрование в неводных растворах. – М.: Химия, 1967. – 192 с.

11. Никольский Б.П., Матерова Е.А. Ионоселективные электроды. – М.: Мир, 1980. – 134 с.

12. Рабинович В.А. Термодинамическая активность ионов в растворах электролитов. – Л.: Химия, 1985. – 176 с.

13. Фиалков Ю.Я., Житомирский А.Н., Тарасенко Ю.А. Физическая химия неводных растворов. – Л.: Химия, 1973. – 376 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 31.10.03

*N.V. Shorina, D.S. Kosyakov, K.G. Bogolitsyn*  
**Characteristics of pH Potentiometric Measurement in  
Water-acetone Medium**

Application boundaries and upper limit for pH-operation of glass electrode ESL-63-07 in water-acetone medium are set and optimal conditions for running potentiometric titration are determined.

---

УДК 547. 992. 3

**О.А. Самылова, А.М. Айзенштадт, К.Г. Боголицын,  
Д.С. Косяков, Н.С. Горбова**

Самылова Ольга Александровна родилась в 1975 г., окончила в 1999 г. Архангельский государственный технический университет, младший научный сотрудник НИИЛХ и ХТД АГТУ, аспирант кафедры теоретической и прикладной химии. Имеет 4 научные работы в области физикохимии растительных полимеров.



Айзенштадт Аркадий Михайлович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор кафедры теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 печатных трудов в области теории растворов и физикохимии полимеров.



Горбова Наталья Сергеевна родилась в 1976 г., окончила в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной химии АГТУ. Имеет 10 печатных работ в области физикохимии неводных растворов.



### **КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЛИГНИНА БЪЕРКМАНА\***

Методом потенциометрического и спектрофотометрического титрования установлено, что кислотные свойства лигнина линейно зависят от его среднемассовой характеристики. Определены значения  $pK_a$  лигнина Бьеркмана для сопряженных (содержащих фенольные группы, которые имеют в  $n$ -положении  $\alpha$ -карбонильную группу) и несопряженных (содержащих фенольные группы, которые не имеют в  $n$ -положении  $\alpha$ -карбонильную группу) структур в водной среде.

*Ключевые слова:* кислотные свойства, лигнин механического размола сосны, фенольный гидроксил, сопряженные и несопряженные структуры, среднемассовая молекулярная масса.

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке администрации Архангельской области и РФФИ (код проекта № 02-03-97502) «Влияние природы растворителя на макромолекулярные свойства и реакционную способность лигнинных полимеров».

Лигнин представляет собой полифункциональный, композиционно неоднородный сетчатый полимер, отдельные фрагменты и группы макромолекул которого значительно различаются донорно-акцепторными свойствами [13]. Отличительной чертой природных полифенольных соединений лигнинного типа является хорошо выраженная способность их к окислению с образованием хинонных форм и окислительно-восстановительной системы фенол–хинон [18]. Реакционная способность и физико-химические свойства такого класса соединений во многом определяются состоянием фенольного гидроксила и варьируются в широком диапазоне. Наиболее сильные изменения в структуре лигнинной макромолекулы отмечены при протонизации в концентрированных кислотах и ионизации в щелочных средах.

Известно, что ионизация фенольного гидроксила при щелочных обработках увеличивает способность лигнинных макромолекул к окислительным превращениям. Установлено, что в процессе таких обработок лигнин проявляет донорно-акцепторные свойства. При этом на различных стадиях окисления могут образовываться весьма реакционноспособные промежуточные соединения [15, 16].

В ряде работ [8, 10, 17] отмечено, что протонодонорные свойства природных и выделенных лигнинов, а также их модельных соединений, обусловлены величиной показателя  $pK_a$  фенольных гидроксидов, который определяют различными физико-химическими методами. Одним из наиболее широко используемых в химии лигнина методов является спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях спектра. После открытия в 1927 г. [25] характеристического УФ-поглощения растворов лигнина были получены спектры большого числа его препаратов и модельных соединений, обзор которых приведен в работах [20–22, 27]. Наиболее важный результат этих исследований – установление ароматической природы выделенных препаратов лигнина и выявление зависимости между поглощением в области 300 ... 400 нм и наличием в структуре карбонильных групп или сопряженных с бензольным кольцом двойных связей [20].

По некоторым данным [12, 26], несопряженные фенольные элементы лигнина (т.е. структуры, содержащие фенольные группы, которые не имеют в *n*-положении  $\alpha$ -карбонильную группу) поглощают в УФ-области при 295 ... 305 нм, в то время как их окисленные формы имеют батохромный сдвиг и интенсивно поглощают при 330 ... 370 нм.

Следовательно, по изменению интегрального поглощения в определенных диапазонах длин волн можно судить о степени окисления препаратов лигнина. Авторы [14] определили, что диоксанлигнин более окислен, чем остаточный лигнин сульфатной целлюлозы. В работе [11] показано, что наблюдаемое уширение полос поглощения при щелочных обработках структурных элементов гваяцильного ряда свидетельствует о наличии обменных процессов, которые свойственны комплексам с переносом заряда или протонов.

Данные УФ-спектроскопии лигнина и их анализ были рассмотрены и обобщены в публикациях [1–3, 7, 24]. Авторы работ отмечают, что в соот-

ветствии с задачами, решаемыми в химии древесины, исследователи используют методы, являющиеся модификацией классической УФ-спектроскопии: дифференциальная спектроскопия, производная (низкотемпературная) спектроскопия с математической обработкой и анализом индивидуальных полос. Метод дифференциальной спектроскопии позволяет подвергать исследуемый раствор обработке (изменение рН раствора, проведение восстановления или окисления, замена растворителя и т.д.) и определять оптическую плотность раствора относительно исходного. Первичная математическая обработка УФ-спектров в производной спектроскопии дает возможность количественно оценивать окислительно-восстановительные свойства лигнина путем сравнения отношения площадей (чем больше отношение, тем более окислен исследуемый образец), а также разделять перекрывающиеся сигналы на отдельные полосы и количественно их охарактеризовывать.

При исследовании кислотно-основных свойств тиолигнина авторы работ [4, 5] отмечают, что кислотность фенольного гидроксила резко меняется в зависимости от того, находится он в «конденсированном» или в «неконденсированном» элементарном звене; имеется или нет двойная связь в пропановой цепи звена; присутствует ли карбонильная группа. Кроме того, при оценке кислотно-основных свойств лигнина, по мнению авторов [23], необходимо учитывать характер взаимодействия полимер – растворитель, поскольку на механизм процесса растворения оказывают влияние электрондонорноакцепторные свойства компонентов системы, а также конформационные особенности полимера. Установлено [23], что для диоксанлигнина сосны характерны при растворении агрегативные процессы и линейный характер зависимости между среднемолекулярной массой ( $M_w$ ) и термодинамическим параметром – теплотой растворения ( $\Delta H_{\text{растр}}^\infty$ ). Показано, что макромолекулы лигнина присутствуют в разбавленных растворах в глобулярной форме, причем с повышением концентрации раствора количество реакционных центров увеличивается и формируется большее количество глобулярных клубков с более низкой молекулярной массой (ММ).

В связи с вышеизложенным следует отметить, что при изучении кислотно-основных свойств такого полимера, как лигнин, нельзя ограничиваться только определением содержания фенольных групп в соединении, а необходимо учитывать также его макромолекулярные свойства (размеры макромолекулы, доступность фенольных групп, тип заместителя в бензольном кольце). Поэтому, в данной работе рассмотрен вопрос о влиянии макромолекулярных свойств ( $M_w$ ) на величину  $pK_a$  фенольных соединений гваяцильной структуры на примере лигнина механического размола сосны (ЛМРС) – лигнина Бьеркмана.

#### *Экспериментальная часть*

ЛМРС получен механическим размолом в толуоле на вибрационной мельнице в течение 24 ч с последующей экстракцией в системе диоксан–

Таблица 1

## Характеристика фракций ЛМРС

Порядковый номер фракции	$M_w \pm 100$ , а.е.м.	$OH_{\text{фен}} \pm 0,01$ , %	СП**
1*	11 800	2,47	2,02
2	11 300	2,46	1,82
3*	8 600	2,50	1,82
4*	7 900	2,56	1,80
5*	3 700	2,66	1,53
6	3 800	2,82	1,67
7	2 600	2,80	1,37
8	1 800	2,99	1,50
9*	1 200	3,17	1,27

\*Фракции были использованы для анализа кислотно-основных свойств.

\*\* СП-степень полидисперсности.

вода (96 : 4) в течение 1000 ч. Методом дробного осаждения в системе диоксан–бензол из исходного препарата выделено 9 фракций. Элементный и функциональный состав (%) препарата ЛМРС получен по общепринятым методикам [9]:  $-OCH_3$  – 13,23;  $-COOH$  – 1,44;  $C=O$  – 4,59;  $OH_{\text{фен}}$  – 3,00;  $C$  – 62,50;  $H$  – 5,95.

Рассчитано содержание фенольных гидроксильных групп в каждой фракции  $\Delta\varepsilon$ -методом (табл. 1), основанным на использовании свойства спектральных полос фенольных соединений батохропно смещаться при ионизации фенольных гидроксильных групп [9, 22]. Среднемассовые молекулярные массы образцов ЛМРС определены (табл. 1) методом седиментационных скоростей (Институт химии Коми НЦ Уро РАН, г. Сыктывкар).

Величины  $pK_a$  для указанных фракций ЛМРС определяли путем потенциометрического и спектрофотометрического титрования. (За основу принималась методика, разработанная авторами [6].)

При проведении экспериментов соблюдались следующие условия: первоначальный объем раствора лигнина 100 мл (раствор лигнина готовили по методике  $\Delta\varepsilon$ -метода [9, 22]), исходная концентрация лигнина в водном растворе 0,025 мг/мл, раствор выдерживали в течение 24 ч перед проведением эксперимента; титрант – 0,1 н NaOH (раствор титранта готовили из фиксаля).

Титрование осуществляли в атмосфере аргона при постоянном перемешивании в стеклянной термостатированной ячейке при температуре  $(25,0 \pm 0,1)$  °С. В качестве индикаторного электрода использовали стеклянный электрод марки ЭСЛ-63-07 (до рН 14), электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод ЭВЛ-1-МЗ, заполненный насыщенным раствором хлорида калия в воде. С помощью иономера «Эксперт-001-1» измеряли рН растворов в ходе титрования. Погрешность измерения рН составляла  $\pm 0,01$  ед. Калибровали иономер по свежеприготовленным из фиксаля

водным стандартным буферным растворам (фосфатный, тетраборатный). Правильность калибровки иономера контролировали ежедневно. Точки эквивалентности определяли графически и получали значение инструментальной величины рН полунейтрализации ( $pH_{1/2}$ ), как значение рН раствора в точке, соответствующей половине эквивалентного объема титранта, т.е.  $pK_a = pH_{1/2}$ .

Ионизация фенола в щелочной среде приводит к батохромному сдвигу практически всех полос поглощения, что сопровождается значительным ростом их интенсивности. Причиной этого эффекта является сопряжение электронов кислородного атома фенолят-аниона с ароматическим ядром, которое повышает на нем электронную плотность. Для такого сложного структурного полимера, как лигнин, необходимо учитывать, что сопряженные и несопряженные фрагменты лигнинных макромолекул имеют различные полосы поглощения: при 300 нм проявляется избирательное поглощение ионизированных несопряженных структур (содержащих фенольные группы, которые не имеют в *n*-положении  $\alpha$ -карбонильной группы); поглощение при 350 нм соответствует ионизации сопряженных структур (содержащих фенольные группы, которые имеют в *n*-положении  $\alpha$ -карбонильную группу). Следовательно, кислотно-основные свойства сопряженных и несопряженных структур должны отличаться по величине  $pK_a$  (например, в воде для креозола  $pK_a = 10,28$ ; для пропиованилона – 8,05). Данный факт дает возможность параллельно потенциометрическому титрованию проводить определение величины  $pK_a$  фракций ЛМРС спектрофотометрическим методом в УФ-области спектра.

Экспериментально это осуществляли следующим образом. Спустя 10 ... 20 мин после добавления определенного объема титранта в систему, устанавливается равновесие (о чем свидетельствует постоянное значение величины рН). После этого дозатором вводили в термостатированную кварцевую кювету (1 см) исследуемый раствор, записывали на спектрофотометре «Specord-M40» (Carl Zeiss, Jena) спектр поглощения раствора относительно воды в диапазоне длин волн от 240 до 370 нм. Такую операцию повторяли после каждой добавки титранта. Строили зависимости  $D = f(pH)$  для  $\lambda = 250, 300, \text{ и } 350$  нм, определяли точки эквивалентности и получали искомые значения  $pK_a$  для сопряженных и несопряженных структур ЛМРС.

Таблица 2

**Значения  $pK_a$  для сопряженных (числитель) и несопряженных (знаменатель) структур ЛМРС в водной среде**

Порядковый номер фракции	Потенциометрическое титрование	Спектрофотометрический метод при длине волны, нм		
		250	300	350
1	10,10 / 10,96	10,24 / 11,21	– / 11,12	10,08 / –
3	10,11 / 11,00	10,31 / 11,07	– / 10,90	10,20 / –
4	10,46 / 11,16	10,58 / 11,48	– / 11,40	10,49 / –
5	10,58 / 11,52	10,45 / 11,53	– / 11,48	10,50 / –
9	10,82 / 11,93	10,76 / 11,80	– / 11,85	10,86 / –

## Обсуждение результатов

Полученные экспериментально (спектрофотометрический метод и потенциометрическое титрование) величины  $pK_a$  представлены в табл. 2. Результаты определения значений  $pK_a$  спектральным методом для фракций ЛМРС приведены на рис. 1. Согласно полученным данным, с увеличением молекулярной массы происходит снижение величины  $pK_a$ , т.е. повышенной кислотностью обладают высокомолекулярные фракции ЛМРС (рис. 2).

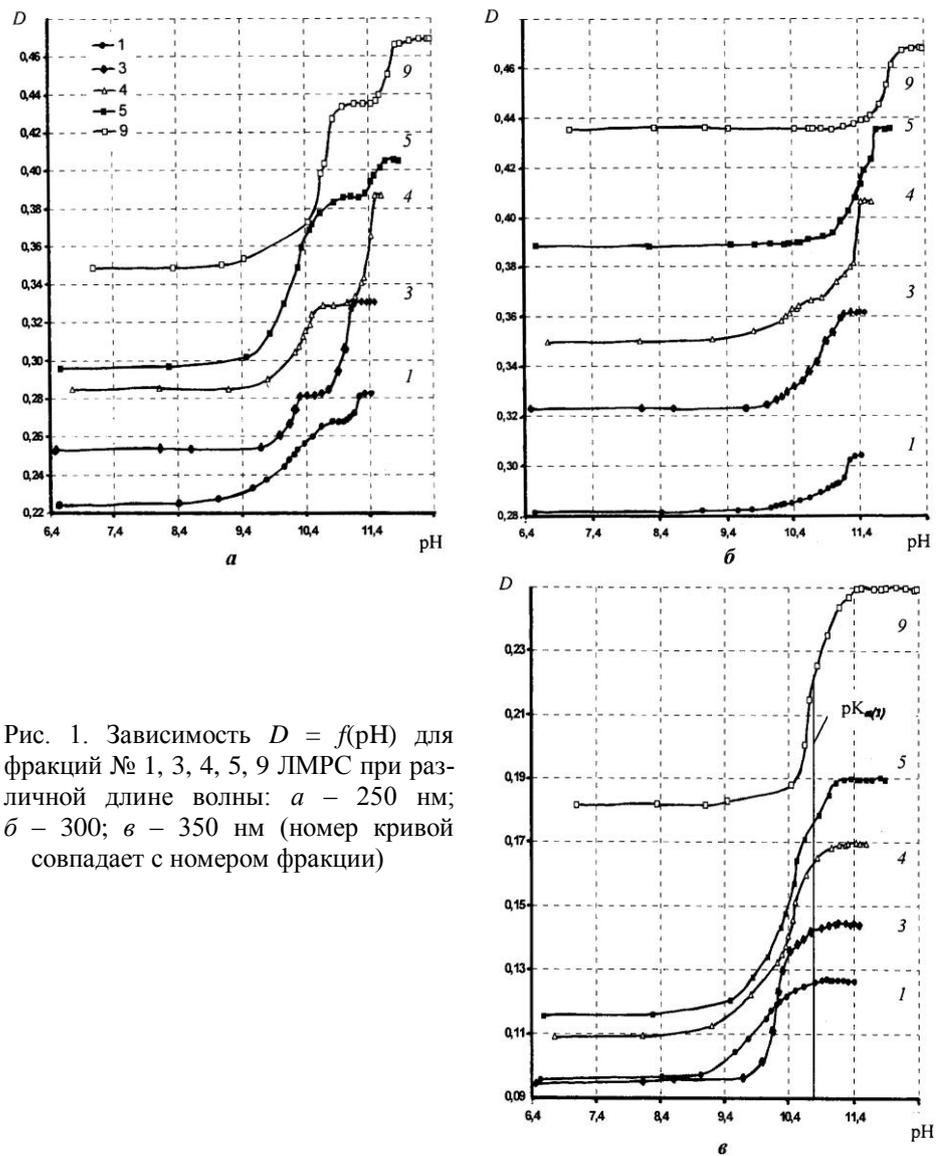
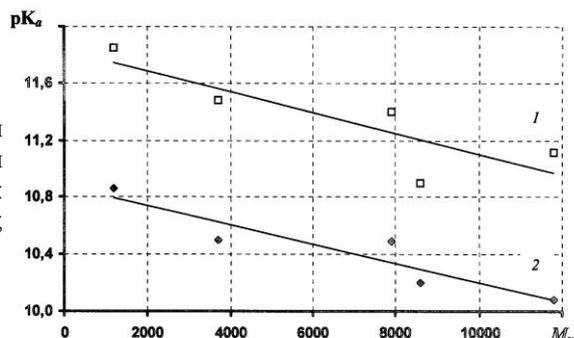


Рис. 1. Зависимость  $D = f(pH)$  для фракций № 1, 3, 4, 5, 9 ЛМРС при различной длине волны:  $a$  – 250 нм;  $б$  – 300;  $в$  – 350 нм (номер кривой совпадает с номером фракции)

Рис. 2. Зависимость величины  $pK_a$  от среднемассовой  $M_w$  для ЛМРС в водной среде:  
 1 – несопряженные структуры;  
 2 – сопряженные структуры



Предположительно величина  $pK_a$  линейно зависит от молекулярной массы лигнинной макромолекулы:

для несопряженных структур

$$pK_a = 7 \cdot 10^{-5} \cdot M_w + 11,83 \quad (r = 0,7);$$

для сопряженных структур

$$pK_a = 7 \cdot 10^{-5} \cdot M_w + 10,87 \quad (r = 0,9).$$

Полученные результаты можно объяснить следующим образом.

По мере увеличения молекулярной массы наиболее кислые группы (фенольные группы, имеющие в  $n$ -положении С=О-группу) под действием титранта ионизируются в первую очередь. При дальнейшем добавлении титранта уже ионизированные группы вызывают отталкивание отрицательно заряженных частиц (ОН-группы и лигнинные макромолекулы), что препятствует последующей ионизации остальных групп, содержащихся внутри макромолекул лигнина.

На степень ионизации оказывает влияние внутреннее сопряжение в макромолекулах лигнина. Звенья этих макромолекул, благодаря своим функциональным и структурным особенностям, формируют сопряженную систему, в которой возможно перераспределение электронной плотности (причем, чем выше молекулярная масса, тем больше система сопряжений в макромолекулах). При добавлении раствора щелочи наиболее кислые группы, ионизируясь первыми, создают избыток электронной плотности на фенолят-ионах, который передается по системе сопряжения двойных связей на другие звенья. Это приводит к повышению электронной плотности на других фенольных гидроксилах, т.е. к снижению их кислотности. В результате  $pK_a$  таких структур возрастает, так как отрыв протона от них затруднен. Следовательно, после удаления оттитрованных наиболее кислых групп остальные фенольные структуры могут быть ионизированы только при очень высоких рН, не достигаемых в выбранных условиях эксперимента. Кроме того, еще Г.Б. Штрейс [19] установил, что кислотность несопряженных фенольных элементов несколько слабее кислотности модельных соединений. Существование слабокислых структурных фрагментов в малоизмененном препарате лигнина (ЛМРС) может быть обусловлено наличием замещения в пятом положении бензольного кольца, а также высокомолекулярностью

лигнина (число структурных звеньев, размеры макромолекул, пространственные особенности строения).

В высокомолекулярных фракциях препарата лигнина, возможно, превалирует доля фенольных групп, у которых в *n*-положении находится карбонильная группа с ярко выраженными электроноакцепторными свойствами (более кислая), поэтому именно такие фенольные гидроксилы могут составлять основную долю ионизированных групп. В низкомолекулярных фракциях, наряду с присутствием карбонильных групп, растет доля групп, содержащих в *n*-положении несопряженные структуры, поэтому ионизация идет медленнее и величина  $pK_a$  растет.

#### Выводы

1. Кисотно-основные свойства ЛМРС линейно зависят от молекулярно-массовой характеристики препарата.

2. На степень ионизации структурных элементов гваяцильного ряда оказывают влияние не только количество и доступность ОН-фенольных групп, но и внутреннее сопряжение в структуре макромолекул лигнина.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголицын К.Г., Линдберг И. Оценка ОН-кислотности модельных соединений структурного звена лигнина методом производной УФ-спектроскопии // Химия древесины. – 1986. – № 4. – С. 56–60.
2. Боголицын К.Г., Резников В.М. Химия сульфитных методов делигнификации древесины. – М.: Экология, 1994. – 288 с.
3. Боголицын К.Г., Хабаров Ю.Г. УФ-спектроскопия лигнина (обзор) // Химия древесины. – 1985. – № 6. – С. 3–29.
4. Гельфанд Е.Д., Богомолов Б.Д. О кислых группах тиолигнина // Лесн. журн. – 1962. – № 4. – С. 146–148. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Гельфанд Е.Д., Богомолов Б.Д. О фенольных конденсированных единицах лигнина // Лесн. журн. – 1967. – № 1. – С. 145–148. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Горбова Н.С., Боголицын К.Г., Косяков Д.С. Разработка потенциометрического метода для определения констант ионизации модельных соединений лигнина в ДМСО и его смесях с водой // Лесн. журн. – 2000. – № 4. – С. 111–116. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Грушников О. П., Елкин В.В. Достижения и проблемы химии лигнина. – М.: Наука, 1973. – 296 с.
8. Ермакова М.И., Кирюшина М.Ф., Зарубин М.Я. Сравнение ОН-кислотности родственных лигнину фенолов в воде, спирте и водно-спиртовых смесях // Химия древесины. – 1984. – № 5. – С. 23–29.
9. Закис Г.Ф., Можейко Л.Н., Тельшева Г.М. Методы определения функциональных групп лигнина. – Рига: Зинатне, 1975. – 176 с.
10. Зарубин М.Я. Реакция лигнина при сольволизе растворами кислот и оснований: Автореф. дис. ... д-ра хим. наук. – Л., 1976. – 52 с.
11. Изменение физико-химических характеристик гваяцильных производных при щелочных обработках / Э.И. Чупка, И.Л. Малева, Т.А. Храпова и др. // Химия древесины. – 1975. – № 1. – С. 31–36.

12. *Куншин А.* Энзиматическая дегидрогенизация фенольных моделей лигнина // Химия и биохимия лигнина, целлюлозы и гемицеллюлоз. – М., 1969. – С. 107–123.
13. Лигнины / Под ред. К.В. Сарканена, К.Х. Людвиг; Пер. с англ. под ред. В.М. Никитина. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 362 с.
14. *Московцев Н.Г., Чупка Э.И., Никитин В.М.* О природе взаимодействия растворенного лигнина с целлюлозой и остаточным лигнином в условиях щелочной варки // Химия древесины. – 1976. – № 2. – С. 44–49.
15. *Никитин В.М.* Лигнин. – Л.: Изв. Академии наук СССР, 1961. – 425 с.
16. *Никитин Н.И.* Химия древесины и целлюлозы. – М.; Л., Изв. Академии наук СССР, 1962. – 711 с.
17. *Сэтчелл Д.П.Н., Сэтчелл Р.С.* Количественные аспекты льюисовской кислотности // Успехи химии. – 1973. – Т. 42, вып.6. – С. 1009–1036.
18. *Чудаков М.И.* Растительные редокс-комплексы как катализаторы делигнификации древесины (обзор) // Химия древесины. – 1981. – № 6. – С. 3–18.
19. *Штрейс Г.Б.* Исследование изменения кислых свойств лигнина при щелочных варках: Автореф. . . . канд. хим. наук. – Л., 1968. – 17 с.
20. *Aulin-Erdtman G., Högbon L.* Spectrographic contribution to lignin. 8. Δε-studies on Brauns «native lignins» from coniferous wood // Svensk Papperstidn. – 1958. – å. 61, N 7. – S. 187–210.
21. *Aulin-Erdtman G.* Spectrographic contribution to lignin chemistry. 5. Phenolic groups in spruce lignin // Svensk Papperstidn. – 1954. – Vol. 57. – S. 745–760.
22. *Aulin-Erdtman G.* Ultraviolet spectroscopy of lignin and lignin derivatives // TAPPI. – 1949. – Vol. 32. – P. 160–166.
23. *Bogolitsyn K., Volkova N., Rjabeva N.* Behavior of native lignins in organic solvents / Abstr. The 8-th Inter. Symp. on Wood and Pulp Chemistry. – Helsinki (Finland), 1995. – Vol. 2. – P. 101–105.
24. *Brauns F.E.* The chemistry of lignin. – N. Y., 1952. – 536 s.
25. *Herzog R.O., Hillmer A.* Das ultraviolette Absorptionsspektrum des Lignins. 1 // Chem. Ber. – 1927. – Jg. 60, N 2. – S. 365–366.
26. *Pew J.C., Connors W.J.* New structures from the dehydrogenation of model compounds related to lignin // Nature. – 1967. – Vol. 215, N 5101. – P. 623–625.
27. *Jones E.J.* The ultraviolet absorption spectra of complex hydroxyaromatic compounds and derivatives, with particular reference to lignin // TAPPI. – 1949. – Vol. 32. – P. 311–315.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 2.12.03

*O.A. Samylova, A.M. Eisenschadt, K.G. Bogolitsyn,  
D.S. Kosyakov, N.S. Gorbova*

### **Acid-base Properties of Bjorkman Lignin**

It is found out based on the potentiometric and spectrophotometric titration that acid-base properties of lignin are linearly dependent on its weight-average characteristic;  $pK_a$  values of Bjorkman lignin are determined for conjugate (containing phenolic groups with  $\alpha$ -carbonyl group in  $n$ -position) and inconjugate (containing phenolic groups with no  $\alpha$ -carbonyl group in  $n$ -position) structures in water medium.

---



УДК 630\*791

*Е.С. Романов*

Романов Евгений Самуилович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики отраслей Архангельского государственного технического университета, действительный член РАЕН. Имеет более 160 печатных научных работ в области изучения экономической эффективности, инвестиций, производственных мощностей в лесозаготовительной промышленности.



### **ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ И СРЕДСТВА СОХРАНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ\***

Показано, что в лесозаготовительной отрасли к состоянию глубокой хронической депрессии добавился новый фактор – изменение статуса по ВЭД. Предложена концепция выхода из кризиса, рассмотрена методика ее разработки.

*Ключевые слова:* концепция, институциональная экономика, факторы, лесозаготовки, лесное хозяйство, статистика.

**1. Главная цель.** Заголовок статьи по смыслу идентичен названию нашего проекта. Но есть и отличия: убраны слова, выражающие промышленный характер лесозаготовительной отрасли в России. Сделано это по формальным соображениям: с 01.01.2003 г. статистика в нашей стране не считает лесозаготовки промышленностью [2]. Это обстоятельство не является решающим, но, на наш взгляд, обостряет проблему. С введением ОКВЭД понятие отраслей (всех вообще, а не только изучаемой нами) останется, но в неявном виде чистых отраслей. Объектом же нашего исследования является отрасль как совокупность предприятий (организаций) – хозяйственная отрасль. Она находится в депрессивном состоянии, распадается.

Но сохранять надо не «совокупность», а конкретные предприятия. Совокупность служила объектом отраслевого управления в экономике СССР, теперь эта функция отпала. Можно не откладывая заявить: мы против образования лесопромышленного министерства. Сохранять надо пред-

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) и администрации Архангельской области (проект № 02-02-00358 а/с и 22-03 а/с).

приятия, ибо угроза деградации и гибели висит над множеством леспромхозов. Если не вмешаться, рыночная стихия сметет их. А через десять лет, к 2015 г., на который ориентируются разные концепции и программы, придется «собирать камни» – возродить лесозаготовительный сектор. Потребуются огромные затраты, но еще более серьезны исковерканные судьбы людей, утрата населения. Главная мысль нашей концепции – надо сохранить предприятия, создать для них возможности выжить, развиваться, если потребуется – трансформироваться.

**2. Концепции: что считать концепцией и что имеем.** Современные словари дают близкие определения понятия «концепция»:

1) концепция – от лат. *conceptio* – понимание, система; определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений; основная точка зрения, руководящая идея для их освещения; ведущий замысел, конструктивный принцип различных видов деятельности (Большой энциклопедический словарь, 1991, 1997 гг., почти дословно из Советского экономического словаря 1981 г., с. 683);

2) система взглядов, то или иное понимание явлений, процессов; единый определяющий замысел, ведущая мысль какого-либо произведения, научного труда и т. д. (Словарь иностранных слов, 1993 г.);

3) система связанных между собою и вытекающих один из другого взглядов на то или иное явление (Словарь русского языка: В 4 т. – 1986. – Т. 2. – С. 97).

Суммируя эти определения, скажем, что концепция – это: способ понимания, трактовки; руководящая идея; основная точка зрения; ведущий или единый определяющий замысел; конструктивный принцип; система взглядов... Из этого набора для нашего случая более всего подходят «система взглядов, определяющий замысел».

Концепция, по нашему убеждению, должна быть достаточно краткой, чтобы из нее были видны идея, замысел и т. п. В то же время ныне в ходу многостраничные концепции, в которых не вычленены, хотя бы в виде резюме, ни замысел, ни идея.

Имеются концептуальные разработки и в лесном секторе нашей национальной экономики. 18 января 2003 г. была утверждена «Концепция развития лесного хозяйства на 2003 – 2010 годы». Она предусматривает увеличить размер главного пользования на 40 ... 50 % с подготовкой лесосечного фонда под рубки главного и промежуточного пользования как минимум до 200 ... 300 млн м<sup>3</sup> в год и довести валовой доход от реализации лесопродукции к 2010 г. до 40 ... 50 млрд долларов США.

Ранее, 1 ноября 2002 г., был утвержден законопроект «Основные направления развития лесной промышленности на 2003 – 2010 годы», где акценты сделаны на:

развитии мощностей по глубокой переработке древесины (продукция ЦБП, фанера, плиты, мебель, изделия деревообработки);

ориентации на экспорт продукции с высокой добавленной стоимостью;

развитии отечественного лесного машиностроения;  
повышении эффективности использования древесного сырья за счет ресурсосберегающих технологий;

совершенствовании и развитии внешнеторговой деятельности.

В настоящее время разрабатывается новый проект Лесного кодекса РФ, есть проекты федеральных законов «О платежах за лесопользование», «О договорах концессии». Имеется проект национальной лесной политики России, разработанный Союзом лесопромышленников и лесозэкспортеров. Свои концепции предложили «Pim Pulp Enterprises» и архангельская группа компаний «Титан».

Любая концепция должна учитывать концептуальные акты, документы, положения более высокого порядка. В данной статье речь идет только об одной отрасли лесного сектора и применении к ней только институциональных средств. Но при этом необходимо обозначить другие сферы, влияние которых придется так или иначе учитывать, иметь в виду [5]. С точки зрения методики наиболее подходящий для этого материал – проект федеральной программы реструктуризации ЛПК России на 1998–2005 гг., разработанный ОАО «НИПИЭИлеспром» [7]. Параграф 2.3.1 этой программы «Концепция и основные стратегические направления реструктуризации» занимает всего две страницы и заслуживает быть приведенным (с сокращением): «Необходимость разработки объективно вызвана тем, что в лесопромышленном комплексе поставлено на грань дальнейшего существования большинство предприятий отрасли. В этих условиях в социально-экономической политике главным и первоочередным становится: создание условий для вывода действующих предприятий из финансово-экономического кризиса; обеспечение ускорения инвестиционного процесса, направленного на обновление, техническое и технологическое перевооружение производства, ориентированного на выпуск конкурентоспособной продукции как на внутреннем, так и внешнем рынках; изучение и перспективная оценка спроса на лесобумажную продукцию, адаптированного к требованиям потребителей на рынке, развитие маркетинговой службы как на уровне предприятий и организаций, так и на региональном и федеральном уровнях; обеспечение максимальной загрузки действующих мощностей предприятий, расположенных непосредственно в районах потребления или тяготеющих к основным рынкам лесопродукции (Центральный, Северный, Северо-Западный, Дальневосточный районы).

Стратегическим направлением технической политики при реструктуризации принимается: опережающее расширение перерабатывающих производств (химико-механическая, химическая, а также механическая переработка) в районах основных лесозаготовок, исключение излишней транспортировки круглой древесины, более полное использование собственных источников энергии, вовлечение в переработку мелкотоварной, низкокачественной, лиственной древесины и древесных отходов; организация лесозаготовительного производства на принципах неистощительного и постоянного лесопользования, охраны и минимального воздействия на окру-

жающую среду; снижение сезонной зависимости работы отрасли за счет увеличения строительства лесовозных дорог круглогодичного действия, а также значительного сокращения в ряде районов сплава древесины.

Основные цели реструктуризации: формирование эффективного ядра конкурентоспособных предприятий, действующих на принципах самофинансирования, обеспечивающих реально складывающийся спрос как на внутреннем и региональном рынках России, так и на внешних рынках в странах СНГ и «дальнего зарубежья»; обеспечение инвестиционной привлекательности предприятий, содействие масштабным программам развития на базе собственных и привлеченных финансовых ресурсов (формирование точек роста); обеспечение социальной защищенности работников отрасли, снижение и локализация социальной напряженности в депрессивных регионах, сохранение существующих и создание новых рабочих мест; переход предприятий на принципы устойчивого развития с обеспечением экологического оздоровления производства и выпускаемой продукции; обеспечение экономической безопасности страны в части ассортимента и объемов лесобумажной продукции.

Мероприятия реструктуризации должны быть ориентированы в первую очередь на мобилизацию собственного потенциала предприятий отрасли при осуществлении соответствующих мер государственной поддержки (с. 30 – 32).

Далее в программе сформулированы «основные программные мероприятия по реструктуризации ЛПК», разделенные на семь «сфер», включая институциональную [7, с. 58–111]. Архангельская программа реструктуризации ЛПК [4] не добавляла ничего существенного.

Принципиально важно, что направления институциональных преобразований в лесопромышленном комплексе определены «Концепцией управления государственным имуществом и приватизации в Российской Федерации», одобренной Постановлением Правительства от 9 сентября 1999 г. № 1024 [1]. В соответствии с этим документом организации лесопромышленного комплекса не могут функционировать в форме государственных унитарных предприятий и должны быть преобразованы в открытые акционерные общества.

Выступая 3 октября 2003 г. на московском заседании Всемирного экономического форума (получившем название Русского Давоса), президент В. Путин заявил: «Впервые мы поставили перед собою такую крупномасштабную задачу – на новой технологической основе развивать перерабатывающие отрасли экономики... Мы будем дальше настойчиво создавать условия и стимулы для развития в высокотехнологичном секторе». Специалисты и обозреватели считают, что в этом заявлении принципиальным представляется приоритетное развитие внутренней обрабатывающей промышленности, а тезис о высокотехнологичных отраслях все же отходит на второй план. Увеличение (в целях удвоения ВВП) произойдет в тех отраслях, которые и сегодня развиты. Высокие технологии имеют радужные перспективы, но в отдаленном будущем. Государство должно не подменять рынок, а

дополнять его; одной из мер такого дополнения является господдержка экспорта с высокой добавленной стоимостью и инвестиционных проектов национального уровня.

Применительно к ЛПК сказанное означает ставку на химическую переработку древесины, проще говоря, на ЦБП (ближайший пример – госинвестиции в Нейский проект). Лесопиление уже давно утратило приоритет. Даже в Швеции многие заводы убыточны. Деревообработка должна искать свои перспективы (они есть). Лесозаготовки окончательно лишаются господдержки на федеральном уровне.

### **3. Исходная ситуация и ее институциональные факторы.**

3.1. В настоящее время в российском лесном секторе столкнулись две тенденции: 1) объективно-природная, естественная; 2) историческая.

*Первая* состоит в том, что лесозаготовки – это завершение лесоводственного цикла, сбор лесного урожая, Harvesting, как теперь именуют лесозаготовки по-английски вместо прежнего Logging. Лес – государственная собственность, урожай пожинают частники. Объективно лесозаготовителям надо бы быть частью единой системы, которая имеет дело с лесом как материалом природы. По К. Марксу, естественно выросший лес не является сырьем; сырьем его делает труд лесозаготовителей: древесное сырье – это не лес на корню, а заготовленные сортименты и товарные хлысты.

*Вторая* тенденция заключается в том, что только у нас (еще в СССР) исторически сложилась особая отрасль – лесозаготовительная, которую причислили к промышленности (конечно, добывающей), чего нет ни в одной другой стране мира. Этот факт истории нашей экономики до сих пор не только не исследован наукой, но даже не отмечен. Приходится констатировать, что лесозаготовительная отрасль была отделена от леса в СССР классификацией отраслей (ОКОНХ), а теперь еще и собственностью. В статистике этот отрыв только что устранен, различие в собственности остается.

Это противоречие – *главная институциональная проблема* нашего лесного сектора, важная для государства в целом. По нашему мнению, логичен следующий шаг – *объединение лесозаготовительного производства с лесным хозяйством в единую отрасль в институциональном плане.*

3.2. *Новый институциональный фактор* пришел со стороны статистики. 1 января 2003 г. – историческая дата для лесного сектора российской экономики: утратил силу ОКОНХ, введен в действие ОКВЭД [2].

ОКОНХ – еще советский Общесоюзный (с 1976 г.), а потом и Общероссийский классификатор отраслей народного хозяйства – относил лесозаготовки к промышленности, а лесное хозяйство квалифицировал как самостоятельную отрасль, одну из пяти (рядом с промышленностью, сельским хозяйством, строительством и пр.) отраслей, производящих товары. Все остальные считались отраслями, оказывающими услуги (их более 20). Такая классификация применялась в России и, возможно, где-то еще в СНГ как наследство от СССР.

Весь остальной мир пользуется классификацией не отраслей, а видов экономической деятельности (ВЭД). В России с 1994 г. параллельно с

ОКОНХ применялся ОКДП – классификатор видов экономической деятельности (Д) и продукции (П). Это сосуществование проявилось только в том, что статистика регистрировала предприятия и организации по обоим классификаторам. Пока почти вся открытая экономическая информация по РФ и регионам представлена по отраслям, т. е. в соответствии с ОКОНХ.

Новый ОКВЭД – Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, как и ОКДП, восходит к международной классификации ISIC – International Statistical Industrial Classification. Во введении к ОКВЭД сказано, что он «построен на основе гармонизации с официальной версией на русском языке «Статистической классификации видов экономической деятельности в Европейском экономическом сообществе» – «Statistical classification of economic activities in the European Community».

ОКВЭД предназначен для определения основного и других ВЭД, фактически имеющих место в организациях и на предприятиях, осуществления государственного статистического наблюдения по ВЭД, использования при разработке нормативных правовых актов, касающихся государственного регулирования ВЭД, подготовки статистической информации для сопоставлений на международном уровне. В соответствии с международной практикой в ОКВЭД не учитываются такие признаки, как форма собственности, организационно-правовая форма, ведомственная подчиненность, не делается различий между рыночными и нерыночными, коммерческими и некоммерческими ВЭД.

Весь спектр ВЭД представлен в виде 17 разделов от А до Q. Лесные ВЭД попали в разделы А и D. Раздел А – Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство – включает классы, в частности класс 02 Лесное хозяйство и предоставление услуг в этой области, который, в свою очередь, разделен на группы; среди них группа 02.01. Лесоводство и лесозаготовки с подгруппами: 02.01.1 Лесозаготовки, 02.01.2 Сбор дикорастущих и недревесных лесопродуктов, 02.01.5 Лесоводство.

В разделе D Обрабатывающие производства есть подразделы: DD Обработка древесины и производство изделий из дерева (класс 20) и DE Целлюлозно-бумажное производство. Издательская и полиграфическая деятельность (класс 21). Производство мебели и спичек оказалось в подразделе DN Прочие производства (класс 36).

Пока об этих изменениях знают, в основном, только те, кому приходится иметь дело с органами статистики. Но со временем этот фактор, несомненно, сыграет определенную роль. Так, на правительственном уровне ЛПК остается под присмотром Минпромнауки РФ, а лесозаготовки должны отойти к Минприроды РФ. Не ясно, каким будет там (в Минприроды) сосуществование лесозаготовок с лесным хозяйством. На региональном уровне и по РФ в целом понизится доля промышленности в ВРП и ВВП, доля персонала в общей численности и т. п.

Понятие ЛПК оказалось урезанным – без добывающей отрасли. Тем более актуально говорить теперь не о ЛПК, а о *лесном секторе*, имея в виду все отрасли от лесного хозяйства (включающего и лесозаготовки) до ЦБП и

лесохимической промышленности, а говоря корректнее – от выращивания леса до глубокой переработки древесины: ведь в ОКВЭД нет даже слова «промышленность».

Обсуждаемое изменение в классификации, несомненно, относится к разряду институциональных. Обосновывая в конце 2001 г. наш проект – заявку на грант, мы не могли знать, что это событие произойдет вообще, да еще в самой середине срока проекта. Альянс лесозаготовок с лесным хозяйством в России мы имели в виду как одно из звеньев нашей концепции. Ведь сама по себе эта идея не нова. Как уже отмечено, таковы взаимоотношения лесных производств и статистика в странах Запада, так было и в нашем ОКДП, что фактически никак не сказывалось с 1994 г. Теперь, с вводом ОКВЭД, идея «лесного альянса» получила формальную поддержку. Убавился наш приоритет, но зато вряд ли кто осмелится назвать это «отсебятиной». Говорить так приходится, ибо нынешние хозяева и менеджмент ЛПК усмотрят в новой классификации, скорее всего, лишь «палки в колеса» своей деятельности.

3.3. В рамках закрытой административно-командной экономики с ее плановым распределением ресурсов лесозаготовки действительно были *базовой отраслью*: без заготовленного добывающей отраслью сырья не могли работать переработчики. В открытой рыночной экономике этой зависимости нет: сырье можно купить в другом регионе, в другой стране. Лесозаготовки перестали быть базовой отраслью.

В условиях СССР лесозаготовки имели все признаки промышленной отрасли, включая централизованную многозвенную систему управления, свою социальную инфраструктуру и т. д. С переходом России к рыночной экономике в результате разгосударствления лесозаготовительная промышленность распалась на сотни и тысячи разрозненных организаций разных форм: АО, ООО, арендные предприятия и др., перестала быть базовой отраслью экономически. Технологическая цепочка тут ничего не значит: в рыночной экономике статус базовых, ведущих могут принимать только те структуры, которые имеют экономическую (рыночную) власть. В лесном секторе России это, в основном, ЦБК.

Но лесозаготовки сохраняют большое значение для администраций субъектов РФ. Именно администрация как государственный орган должна быть заинтересована в сохранении на своей территории добывающей отрасли как технологической, сырьевой основы ЛПК. Технологическая основа не является основой экономической. Эта роль отводится владельцам капиталов – производителям конечной продукции комплекса. Крупные предприятия ЦБП – экономические лидеры области, республики, края, но они не должны отрываться от своей сырьевой базы (речь идет о лесных ресурсах той территории, на которой они находятся). Жить и работать рядом, на одном пространстве, вместе пользоваться воздухом и водой и не делиться доходами, переводить их куда-то за пределы своей территории – чуждая нам собственническая практика и идеология. Ее нельзя запретить законом, но надо мобилизовать, использовать все силы и средства для ее ограничения.

Покупать сырье на стороне, оставляя без работы своих лесозаготовителей, варить из привезенного сырья целлюлозу, попутно загрязняя воду и отравляя воздух, переводить налоги в доход иного субъекта федерации, а то и за границу – таковы действия крупных компаний ЦБК. Присваивая себе лесную ренту, они благоденствуют (относительно, правда), оставаясь не столь уж технически прогрессирующими по сравнению с зарубежными предприятиями. Монопольное (в России) положение ЦБК позволяет им удерживаться на мировых рынках, в частности, и за счет занижения цен на древесное сырье.

3.4. *Один из главных факторов – иерархические структуры в лесном секторе.* В настоящее время ситуация такова. Леса находятся в совместном владении федерации и ее субъектов. Лесное хозяйство подчиняется департаменту Министерства природных ресурсов РФ, в субъектах имеются комитеты. В лесу работают госучреждения – лесхозы. Налицо управленческая иерархия [3].

Все лесопромышленные предприятия самостоятельны. ЛПК курирует департамент Минпромнауки РФ, выполняя лишь регулирующие и индикативные функции. С теми же функциями есть лесные департаменты в областях и республиках. Влияние департаментов повсюду весьма слабое. Более влиятелен Союз лесопромышленников и лесозэкспортеров – общероссийская ассоциация предпринимателей.

Образовалось несколько крупных лесных корпораций. В числе «100 опор», «100 локомотивов», 200 крупнейших в российской экономике числятся пять-восемь лесных. По итогам 2002 г. журнал «Эксперт» выставил следующие рейтинги (из 200): «Илим Палп Энтерпрайз» – 27, «Нойзидлер – Сыктывкар» – 57, Группа компаний «Титан» – 58, ОАО «Светогорск» – 81, «Волга» – 93, «Кондопога» – 99, «Соликамскбумпром» – 120, Сегежский ЦБК – 171. Впереди с большим отрывом идет «Илим Палп», почти втрое превосходящий по обороту занимающих второе – третье места; в его составе 42 леспромхоза. Крупнейшие сочли за благо принять названия по-английски и по-немецки. В состав диверсифицированной группы «Титан» входят Архангельский ЦБК, перешедший в австрийскую собственность, и 14 леспромхозов. Лесные вертикально-интегрированные структуры (ВИС) поглощают леспромхозы «с разбором», только перспективные и удачно расположенные. По мнению «Илим Палп» (Лесн. газ. – 2000, № 24. – С. 3), лишь крупнейшие переработчики в состоянии «извлекать адекватную стоимость лесного сырья», а потому в концепции «Илим Палп» нет места «малому и среднему лесозаготовительному бизнесу» (т. е. обыкновенным леспромхозам). К 2007 г. эта корпорация намерена на 70 % удовлетворяться древесиной собственной заготовки (14,7 млн м<sup>3</sup>).

3.5. *Объект нашего исследования* – леспромхозы можно объединить в три группы: уже вошедшие в ВИСы; независимые, работающие более или менее успешно; депрессивные.

В программах реструктуризации (федеральная, архангельская) лес-промхозы (и другие предприятия) разделены также на три группы: лидеры, стабильно работающие и кандидаты на закрытие, ликвидацию [4, 7].

Обращаем внимание, что концептуальным для нашего исследования является различие в подходе к третьим группам. В программах эти леспромхозы уже обречены; выражаясь неказенно, брошены на произвол судьбы, не должны и помышлять о поддержке. Наша цель – показать, что надо подойти к ним дифференцированно, по-человечески внимательно и бережно, думая не только об убытках, но и о людях, глядя в будущее.

Курс нашего правительства рассчитан на то, что рыночная экономика многое решит сама, без участия государства: сильные выживут и разовьются; слабые отомрут, избавив государство от забот о них. Рассматривая в 2001 г. вопрос об отношениях Центра и Сибири, правительство без обиняков высказалось, что рынок расставит все по своим местам, без вмешательства Москвы. Полпред Президента РФ в Сибири Л. Драчевский возразил, что «при таком подходе лет через 10 – 15 мы будем иметь Сибирь в виде островков населения вдоль Транссиба». Такие же островки будем иметь и мы в лесозаготовительной промышленности (и сельском хозяйстве) Архангельской области, если не помогать слабым предприятиям.

«Помогать слабым» – это не экономическое понятие, там в лучшем случае говорят о господдержке и т. п. Но в институциональном плане в современной России помощь слабым – специфическая проблема, имеющая широкий спектр и далеко идущая. Если в 2010 – 2015 гг. сработают программы развития ЛПК, будут востребованы и нынешние леспромхозы. И совсем не все равно, что будет через 10 ... 12 лет. Приняв еще в СССР «мудрые» решения о ликвидации неперспективных деревень и запрете молевого сплава, мы доконали на Севере социалистическое сельское хозяйство и развалили лесозаготовительную отрасль. Если не помогать им, рынок довершит дело.

3.6. Так или иначе, *отношения с государством* – важнейший институциональный фактор. На Всероссийской конференции «Стратегия развития северных регионов России» в Архангельске 18–19 ноября 2003 г. [6] в выступлениях акад. РАН А.Г. Гранберга и чл.-кор. РАН В.Н. Лаженцева прозвучали весьма важные институциональные положения, которые, несомненно, надо учитывать, решая рассматриваемую нами проблему. Это и выход на новую научную парадигму в подходе к Крайнему Северу (как мы поняли, «Север – для северян»); и новый термин «северность»; и переход от госрегулирования к экономическому координированию, в том числе и с корпоративными структурами; мнение о более сильных негативных и более слабых позитивных проявлениях эффекта общероссийских законодательных и нормативных актов на Севере по сравнению с проявлениями в Центре и на других «некрайних» территориях и т. д. Главное отсюда, что на федеральную поддержку рассчитывать не приходится. Тем большая ответственность ложится на руководство субъектов федерации. Кстати, академики как бы

вскользь, ненавязчиво напомнили внимательным слушателям, что государственная собственность является общественной.

**4. Наше решение проблемы.** Лесозаготовки как производство, вне всякого сомнения, и в дальнейшем будут иметь место на территории почти сорока с лишним субъектов федерации. Объемы где-то сохранятся, где-то возрастут или сократятся. Главный фактор – изменение внутрисоссийского спроса на лесобумажную продукцию, а также, конечно, на мировом рынке. Предложение, т. е. выпуск продукции, естественно, зависит и от эффективности, конкурентоспособности лесозаготовителей. Остро нужны инвестиции – и российские, и иностранные. Здесь нужна господдержка, пусть не прямая, в виде ассигнований и кредитов, а в создании и повышении инвестиционной привлекательности лесозаготовительной отрасли. Государство (федерация), «экономически координируя» (выражаясь словами академиков) свои отношения с корпоративными структурами, могло бы и вынудить их в рамках закона не столь высокомерно-пренебрежительно относиться к своей добывающей отрасли.

Напомним, что предмет нашего исследования – судьба существующих лесозаготовительных предприятий. Сохранить (а потом и развить) их надо не только как производственную базу, но и как сферу занятости, конечно, не благотворительной, а эффективной – с высокой производительностью и оплатой труда, нормальным жизнеобеспечением. Понятно, что производственная и социальная стороны здесь неразрывны.

Сформулируем теперь концепцию как систему взглядов с определяющим замыслом. Начнем с последнего. *Наш определяющий замысел:* предприятия самостоятельны, каждое вправе принять свое решение; спектр решений и выбор имеются. Ожидаемым, оправданным, приемлемым является *разнообразие типов предприятий* по видам экономической деятельности (ВЭД) и организационно-правовым формам (ОПФ). Система взглядов, надеемся, просматривается из п. 3 данной статьи. Факторы, как всегда, делятся на объективные и субъективные; первые надо учитывать, вторые по возможности использовать как средства.

Так, с введением ОКВЭД лесозаготовки как бы оторваны от ЛПК и присоединены к лесному хозяйству. Конечно, статистика – не указ предпринимателям; она не в состоянии диктовать организационные формы, направления интеграции. Но «феномен ОКВЭД для лесозаготовок» (назовем так это явление) как бы приглашает к размышлению. Оно может быть и таким:

- 1) лесозаготовки – заключительная часть лесоводственного процесса;
- 2) лесоводство – отрасль лесного хозяйства;
- 3) лесное хозяйство России вместе с лесными ресурсами является государственным сектором;
- 4) государственное лесное хозяйство в своей производственной и хозяйственной деятельности стремится к хозрасчету, самоокупаемости, статусу товаропроизводителя;

5) рядом оказались два субъекта: лесхоз – госучреждение, которому запрещено рубить, и леспромхоз – коммерческая организация, которая должна рубить, но не может, поскольку экономически несостоятельна;

б) их надо объединить;

7) сказанное не распространяется на те леспромхозы, которые уже ушли под крыло ЦБК, ЛДК или поглощены ими.

Обновленная нами ситуация представлена в таблице.

Уровень	Признак	Субъекты, функции	
Организации	ОПФ	ОАО, ООО, ПК, малый бизнес, госучреждения	
	ВЭД	Монопрофильные	
		Лесхозы	Леспромхозы
Юридические лица	Некоммерческие	Коммерческие	
Субъект РФ	Существуют	Комитет по природным ресурсам	Департамент ЛПК
	Дополнительно предлагаются	Транспортный концерн, экспорт круглого леса, ЭТП, лизинговая компания и т. д.	
РФ	Органы	Минприроды РФ: департамент по лесным ресурсам, лесопользованию и лесоэксплуатации	Минпромнауки РФ: департамент ЛПК
		Инновации, НИОКР	
	Функции	Лесная политика РФ Лесное законодательство Регулирование платности лесных ресурсов и лесопользований Монополия на экспорт круглого леса Инвестирование в лесной сектор	

Поясним таблицу.

*На уровне организации.* Относительно ОПФ напомним, что согласно вышеупомянутой концепции [1] лесопромышленные предприятия не могут быть ГУП или МУП. Объединение в одном предприятии некоммерческой лесохозяйственной деятельности и коммерческой лесоэксплуатации с ограниченным объемом рубок потребует образования некоторой специфической ОПФ с преобладанием госсобственности. Заслуживает особого изучения вопрос, почему ныне на лесозаготовках нет артелей (производственных кооперативов) – исконной российской формы.

По виду деятельности предприятия могут быть лесохозяйственными, лесозаготовительными, смешанного типа, т. е. комплексными. Об однопрофильных предприятиях (лесхоз, леспромхоз) все известно. Возникает вопрос о комплексных лесных предприятиях (КЛП), хотя и они уже были в нашей экономике. Основной вид деятельности КЛП можно назвать *лесоэксплуатацией*. Это понятие, в прошлом весьма широко использовавшееся, включает лесозаготовки, лесотранспорт (вывозку), разные виды переработки древеси-

ны в наибольших объемах; могут быть и подсочка, заготовка осмола, «сырьевая» лесохимия, использование древесной зелени, отходов и т. д. Многие современные леспромхозы фактически занимаются лесоэксплуатацией, однако предприятие можно называть комплексным только при условии, что оно включает и лесное хозяйство.

*На уровне субъекта федерации.* Ясно, что леспромхозы, особенно депрессивные, не смогут скооперироваться в транспорте своей продукции (древесного сырья) переработчикам и в пункты лесоэкспорта. Так, в навигацию 2003 г. ни одно предприятие Архангельской области не раскошело на дноуглубительные работы на Северной Двине, несмотря на очевидную перспективность водных перевозок. Нужна инициатива на уровне субъекта РФ [5, с.130 – 131].

Круглый лес является продуктом государственной отрасли – лесного хозяйства в новом его понимании (т. е. включая лесозаготовки). Следовательно, экспорт круглого леса должен стать государственной монополией. Это важно с точки зрения аккумулирования в госбюджет (федерации и субъектов) лесной ренты и перекрытия каналов разбазаривания и частного присвоения доходов от экспорта общественного продукта.

Администрация субъекта РФ может:

- 1) возглавить работу по образованию комплексных лесных предприятий на своей территории;
- 2) способствовать развитию кооперативных форм (артелей) на лесозаготовках, особенно в районах с высокой безработицей, удаленных от железных дорог;
- 3) взять на себя функции экспорта круглого леса всех мелких предприятий (которым эта деятельность будет запрещена) и всех КЛП;
- 4) организовать электронные торговые площадки (ЭТП) и другие маркетинговые технологии для лесных предприятий;
- 5) выступить инициатором образования и учредителем транспортно-го концерна на своей территории, материальной основой которого должна стать речная сеть и дороги местного значения. Основная цель – оптимизация транспортных потоков снабжения и сбыта лесных предприятий;
- 6) способствовать привлечению банковских ресурсов для депрессивных, но перспективных леспромхозов, КЛП; выступать гарантом по кредитам;
- 7) образовать лизинговую компанию по обеспечению леспромхозов и КЛП лесозаготовительной техникой;
- 8) принять областной закон, обязывающий лесоперерабатывающие предприятия удовлетворять определенную часть (например 2/3 или 70 %) своей потребности в древесном сырье за счет лесозаготовок на территории своего субъекта РФ (т. е. выбирать установленную квоту лесного фонда).

Нашу концепцию можно подытожить так. С принятием ОКВЭД лесозаготовки в статистике переходят из промышленности в лесное хозяйство. Это ни к чему не обязывает лесозаготовительные предприятия, но многие из них находятся в депрессивном состоянии и в разных программах обречены

на закрытие. Необходимо использовать все возможности для сохранения тех леспромхозов, которые социально значимы и перспективны по обеспеченности лесными ресурсами. Для этого надо использовать новый тип – комплексные лесные предприятия (КЛП), объединяющие лесохозяйственную деятельность и лесоэксплуатацию; есть и другие пути.

На федеральную господдержку рассчитывать не следует, администрации же «лесных» субъектов РФ, напротив, должны взять на себя инициативу и дискретно, адресно выявить леспромхозы, заслуживающие поддержки, а также создать на своей территории инфраструктуру поддержки лесозаготовок.

Спрос на лесопroduкцию и объемы лесозаготовок в РФ будут расти. Недопустимо растерять существующие предприятия, оставить без работы людей, а потом возрождать отрасль.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция управления государственным имуществом и приватизации в Российской Федерации. Одобрена Постановлением Правительства РФ от 09.09.1999 г. № 1024.
2. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности. Введ. 01.01.2003. Изд. офиц.
3. *Петров А.П.* и др. Институциональные реформы в лесном хозяйстве: Учеб. пособие / А.П. Петров, Н.В. Ловцова, Н.М. Ельчев, И.Б. Хазинов. – М.: МГУЛ, 2001. – 153 с.
4. Программа реструктуризации и развития лесопромышленного комплекса Архангельской области на 2001 – 2005 гг. – 53 с.
5. *Романов Е.С.* Институциональная экономика: от теории к практике // Лесн. журн. – 2003. – № 4. – С. 140–147. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Стратегия развития северных регионов России: Материалы Всерос. науч. конф. – Архангельск: Арханг. филиал Ин-та экономики УрО РАН, 2003. – 352 с.
7. Федеральная программа реструктуризации лесопромышленного комплекса Российской Федерации. – М., 1998. – 122с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 27.11.03

*E.S. Romanov*

#### **Institutional Factors and Means of Saving and Development of Forest-harvesting Enterprises**

New factor - changing of classification of economic activity types - is shown to be added to the deep chronic depression of the forest-harvesting branch. The concept for the way out of crisis is proposed.



## КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 519.23:676.2.052/.053

***А.А. Рогов***

Рогов Александр Александрович родился в 1959 г., окончил в 1985 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования систем управления ПетрГУ. Имеет более 70 печатных работ в области математического моделирования, статистического анализа, методов оптимизации.



### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СИСТЕМ (БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА)**

Рассмотрены некоторые подходы к решению возникающих при полном цикле исследования задач организации оптимального управления восстанавливаемыми системами, которые функционируют на конечном интервале времени.

*Ключевые слова:* функция восстановления, статистические оценки, цензурированные выборки, эксплуатационная эффективность, бумагоделательная машина, оптимизация ППР.

В последнее время вызывают повышенный интерес задачи, связанные с управлением восстанавливаемыми системами, которые функционируют на конечном интервале времени [2–4, 10, 12]. Это связано с тем, что в данный период оборудование значительного числа предприятий России работает за пределами установленного для него срока эксплуатации. Нормативные документы, связанные со сроками проведения профилактических работ и замены оборудования, устарели. Поэтому исследования в области количественных оценок числа аварий сложных технических объектов актуальны.

При построении математических моделей функционирования восстанавливаемых систем чаще всего используют альтернирующие или полумарковские процессы. В отдельных моделях применяют процессы, вложенные друг в друга [3, 6]. После построения соответствующей математической модели требуется ее проверить на адекватность реальной ситуации. Выбор управления приводит к необходимости постановки и решения соответствующей оптимизационной задачи. Если при анализе ее решения получают практически приемлемый результат, то требуется разработка соответствующего компьютерного обеспечения, удобного для работы специалистов, не являющихся профессиональными математиками.

*Моделирование функционирования восстанавливаемой системы*

Рассмотрим моделирование функционирования восстанавливаемой системы в виде сложного технического объекта (СТО) на примере эксплуатационной эффективности бумагоделательной машины (БДМ) с использованием вложенных альтернирующих процессов.

Процесс эксплуатации БДМ будем рассматривать как сочетание пяти периодов: работа, аварийный ремонт механической части (авария), планово-предупредительный ремонт (ППР), простои по технологической части (технологический простой) и административно-хозяйственного характера [6].

Машина переходит из состояния работы в состояние аварийного ремонта механической части или технологического простоя сразу после отказа, т. е. нарушения работоспособности. Останов на ППР происходит в заранее определенные сроки. К административно-хозяйственному фактору относятся такие события, как забастовка персонала, отсутствие заказов на продукцию, отсутствие сырья и т.д. Во время остановов по административно-хозяйственному фактору не возникают аварии механической части или по технологическим причинам, так как БДМ не работает. Во время устранения аварии механической части не происходят аварии по технологическим причинам.

Введем следующие случайные величины:

$\xi^i$  – период времени между концом  $(i-1)$ -го восстановления и началом  $i$ -го простоя по причинам административно-хозяйственного характера, назовем это время рабочим циклом;

$\alpha^i$  – продолжительность  $i$ -го простоя по причинам административно-хозяйственного характера;

$\eta_j^i$  – период времени между концом  $(j-1)$ -го восстановления после аварийного отказа и началом  $j$ -го аварийного отказа в течение  $i$ -го рабочего цикла (без отказов по причинам административно-хозяйственного характера);

$\beta_j^i$  – продолжительность аварийного восстановления после  $j$ -го отказа механической части в течение  $i$ -го рабочего цикла (без отказов по причинам административно-хозяйственного характера);

$\mu_{jk}^i$  – период времени между концом  $(k-1)$ -го восстановления и началом  $k$ -го отказа по технологическим причинам в течение  $j$ -го цикла работы без отказов механической части и  $i$ -го рабочего цикла (без отказов по причинам административно-хозяйственного характера);

$\delta_{jk}^i$  – продолжительность восстановления после  $k$ -го отказа по технологическим причинам в течение  $j$ -го цикла работы без отказов механической части и  $i$ -го рабочего цикла (без отказов по причинам административно-хозяйственного характера).

Будем считать, что случайные величины  $\{\xi^i\}$ ,  $\{\alpha^i\}$ ,  $\{\eta_j^i\}$ ,  $\{\beta_j^i\}$ ,  $\{\mu_{jk}^i\}$ ,  $\{\delta_{jk}^i\}$  независимы в совокупности и одинаково распределены по соответ-

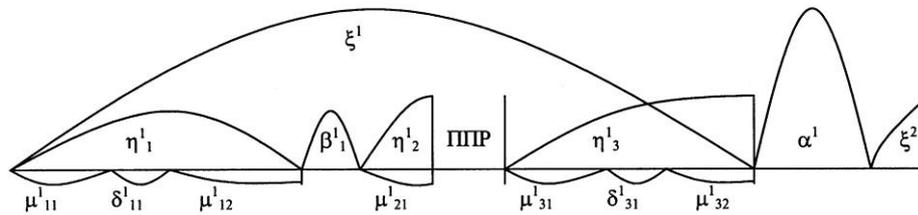


Схема вложенных альтернирующих процессов

вующим законам распределения для  $\xi^i$ ,  $\alpha^i$ ,  $\eta^i_j$ ,  $\beta^i_j$ ,  $\mu^i_{jk}$ ,  $\delta^i_{jk}$ . Тогда они образуют три альтернирующих процесса восстановления. Причем альтернирующий процесс  $\{\mu^i_{jk}, \delta^i_{jk}\}$  вложен в процесс  $\{\eta^i_j, \beta^i_j\}$ , который, в свою очередь, вложен в процесс  $\{\alpha^i, \xi^i\}$ . Возможная реализация вложенных альтернирующих процессов представлена на рисунке.

Наблюдения над процессом  $\{\eta^i_j, \beta^i_j\}$  могут быть прерваны ППР (случайная величина  $\eta^1_2$ ) или отказом по административно-хозяйственным причинам ( $\eta^1_3$ ), наблюдения над процессом  $\{\mu^i_{jk}, \delta^i_{jk}\}$  прерываются ППР ( $\mu^1_{21}$ ), отказом по административно-хозяйственным причинам ( $\mu^1_{32}$ ) или отказом механической части ( $\mu^1_{12}$ ). К сожалению, данные, которые получаются в случае моделирования с использованием вложенных процессов восстановления, чаще всего являются цензурированными, относящимися к планам испытаний типа  $[n, R, T]$ ,  $[n, R, T_1, \dots, T_n]$ , что существенно осложняет проверку адекватности выбранной модели и требует разработки специальных статистических методов.

#### *Статистический анализ параметров математической модели*

Приведем перечень проблемных задач статистического характера, которые возникают в случае использования процессов восстановления при моделировании восстанавливаемых систем [12].

1. При использовании альтернирующих процессов требуется идентификация функций надежности и аварийного восстановления, чаще всего, на основе цензурированных данных.

2. Прогностическая идентификация параметров функций надежности и аварийного восстановления на основе информации о предполагаемых режимах функционирования системы и технической модернизации отдельных ее агрегатов и технологических схем функционирования.

3. Характеризация класса функций восстановления для процессов восстановления.

4. Идентификация функции восстановления и других характеристик надежности.

Статистическая проверка описанной в предыдущем разделе математической модели и оценка параметров надежности восстанавливаемых сис-

тем потребовали разработки специальных статистических методов. Результаты наших исследований в этой области представлены в [5, 6, 9, 11, 12].

Для адекватности модели эксплуатационной эффективности БДМ реальным данным требуется установить являются ли наблюдаемые процессы процессами восстановления. Таким образом, прежде всего следует проверить две группы гипотез:

1. Случайные величины  $\{\xi^i\}$ ,  $\{\alpha^i\}$ ,  $\{\eta_j^i\}$ ,  $\{\beta_j^i\}$ ,  $\{\mu_{jk}^i\}$ ,  $\{\delta_{jk}^i\}$  одинаково распределены как случайные величины  $\xi^i$ ,  $\alpha^i$ ,  $\eta_j^i$ ,  $\beta_j^i$ ,  $\mu_{jk}^i$ ,  $\delta_{jk}^i$ .
2. Случайные величины  $\xi^i$ ,  $\alpha^i$ ,  $\eta_j^i$ ,  $\beta_j^i$ ,  $\mu_{jk}^i$ ,  $\delta_{jk}^i$  независимы в совокупности.

Так как параметрические семейства, к которым принадлежат наблюдаемые случайные величины, неизвестны, то для проверки этих гипотез необходимо привлечь непараметрические или, как их еще называют, свободные от распределения методы. При этом нужно учитывать, что в каждой выборке могут быть цензурированные данные. В этом случае можно либо отбросить эти значения и использовать классические методы проверки гипотез, либо применять специальные методы для цензурированных данных [1, 3, 7].

Статистический анализ функционирования проводили на основе данных о работе БДМ Сегежского ЦБК (№ 1, 9, 10, 11) за 1990–1991 гг. и Архангельского ЦБК (№ 3, 4) за 1996–1998 гг. Исходные данные содержали следующую информацию: оборудование, на котором произошла авария; какой период времени, какого числа данная машина не работала, по какой причине. Все причины были классифицированы по четырем типам: техчасть, мехчасть, ППР, другие (административно-хозяйственный фактор). Взаимосвязь между случайными величинами, описывающими продолжительность работы БДМ до отказа по соответствующей причине, осуществляется согласно описанной модели. Единица измерения для всех случайных величин – 1 ч.

Проверка однородности. Для каждой случайной величины между всеми парами выборок, имеющих более двух реализаций в каждой (не включая цензурированные данные), была проверена гипотеза о принадлежности выборок к одному распределению. Гипотеза проверялась с надежностью 0,95 по критериям Колмогорова–Смирнова, Манна–Уитни, Сэвиджа с исключением всех цензурированных данных, а также по критерию Кокса с учетом этих данных.

Проверка показала, что по критериям Манна–Уитни, Сэвиджа и Кокса гипотеза об однородности выборок для подавляющего большинства пар выборок не отвергается. По критерию Колмогорова–Смирнова для некоторых случайных величин количество пар, для которых гипотеза отвергается, превышает количество пар, для которых гипотеза не отвергается. Такой результат вызван тем, что критерий Колмогорова–Смирнова более чувствителен к объему выборок, а в нашем случае количество наблюдений в выборках было небольшим.

Проверка независимости Между парными наблюдениями наработки на отказ и продолжительности восстановления (т. е. случайными величинами  $\xi^i$  и  $\alpha^i$ ,  $\eta_j^i$  и  $\beta_j^i$ ,  $\mu_{jk}^i$  и  $\delta_{jk}^i$ ) в каждой выборке проведена проверка независимости с надежностью 0,95 по критериям Спирмэна и Кендэла. Проверка показала, что гипотеза о независимости наработок на отказ и продолжительности восстановления не отвергается.

Критерии согласия. Для наработок на отказ механической части (случайная величина  $\eta_j^i$ ) для каждой БДМ Сеgezского и Архангельского ЦБК по критериям  $\chi^2$  и Колмогорова–Смирнова была проверена гипотеза о согласии с надежностью 0,95 на следующих распределениях: Эрланга, экспоненциальное, гамма, логнормальное, Вейбулла. Наилучшей аппроксимацией функции распределения для продолжительности наработки на отказ по механической части для машин Сеgezского ЦБК является логнормальное распределение с параметрами  $\mu = 2,24$  и  $\sigma = 1,32$  (БДМ № 1),  $\mu = 2,67$  и  $\sigma = 1,48$  (БДМ № 9),  $\mu = 2,70$  и  $\sigma = 1,60$  (БДМ № 10),  $\mu = 2,52$  и  $\sigma = 1,29$  (БДМ № 11); для машин Архангельского ЦБК –  $\mu = 3,84$  и  $\sigma = 0,91$  (БДМ № 3),  $\mu = 3,71$  и  $\sigma = 0,90$  (БДМ № 4).

Аналогично была проверена гипотеза о согласии и построены оценки параметров распределения для продолжительности восстановления после отказа механической части (случайная величина  $\beta_j^i$ ). Наилучшей аппроксимацией функции распределения для этого показателя на машинах Сеgezского ЦБК является логнормальное распределение с параметрами  $\mu = 0,94$  и  $\sigma = 1,03$  (БДМ № 1),  $\mu = 0,74$  и  $\sigma = 0,91$  (БДМ № 9),  $\mu = 0,82$  и  $\sigma = 1,15$  (БДМ № 10),  $\mu = 0,39$  и  $\sigma = 0,96$  (БДМ № 11); на машинах Архангельского ЦБК –  $\mu = 0,32$  и  $\sigma = 1,00$  (БДМ № 3),  $\mu = 0,38$  и  $\sigma = 1,04$  (БДМ № 4). Полученные данные несколько отличаются от приведенных в [8].

Оценки функции восстановления. Одним из важнейших показателей надежности работы БДМ является функция восстановления. Она показывает среднее число (математическое ожидание) отказов на интервале. Для ее оценки можно применять различные методы: параметрические и непараметрические [5, 11, 12]. По данным о наработках на отказ механической части для БДМ Сеgezского и Архангельского ЦБК были построены непараметрические оценки функции восстановления и их аппроксимации для «больших» значений времени [5].

#### *Моделирование системы управления*

При моделировании систем управления возникают следующие задачи:

1) синтез оптимизационной математической модели функционирования восстанавливаемых систем, адекватный выбранному критерию оптимизации и реальным условиям функционирования при принятых модельных допущениях;

2) исследование сложности и трудоемкости задач и устойчивости их оптимальных решений; оценка числа квазиоптимальных решений.

Исходя из реальных практических условий можно формулировать целый ряд оптимизационных задач функционирования восстанавливаемых систем, поэтому проблема синтеза оптимизационной математической модели функционирования восстанавливаемой системы является необъятной. В качестве примера можно предложить результаты разработки и исследования оптимизационных моделей планирования проведения планово-предупредительных ремонтов комплекса сложных технических объектов на конечном интервале времени  $[0, T]$ , которые были опубликованы в работах [2–4]. Специфическая особенность данных моделей: конечный период планирования, учет структуры технических объектов и реальный учет ограничений на средства обслуживания. В качестве целевого функционала при построении оптимизационных задач использовали математическое ожидание суммарного дохода от функционирования комплекса СТО при учете потерь продукции из-за простоев, затрат на ликвидацию аварий и затрат на проведение ППР. Для систематизации различных типов задач предложена следующая классификация:

- количество СТО (один (1), комплекс (к) );
- учет структуры СТО (с учетом структуры (стр), без учета структуры (0));
- ограничения на количество ППР (фиксированное (ф), произвольное (пр));
- тип переменных (непрерывные (н), дискретные (д), нестандартные (нс)).

Тогда все задачи можно записать в виде  $(A, B, C, D)$ , где  $A \in \{1, 2, \dots, k\}$ ;  $B \in \{\text{стр}, 0\}$ ;  $C \in \{\text{ф}, \text{пр}\}$ ;  $D \in \{\text{н}, \text{д}, \text{нс}\}$ . Нестандартные переменные получают из условия неназначения дня профилактического ремонта на выходные и праздничные дни. Всего 24 задачи.

Рассмотрим одну из этих задач. По приведенной классификации она относится к  $[1, 0, \text{пр}, \text{нс}]$ . Это математическая модель определения оптимального графика проведения планово-предупредительных ремонтов для сложного технического объекта (БДМ) на конечном интервале времени, длительность которого обозначим через  $T$ . Под графиком ППР будем понимать даты остановок БДМ на ППР. Кроме того, предположим, что возникновение аварий для БДМ описывается простым процессом восстановления, т.е. после каждого ремонта происходит полное восстановление ее характеристик надежности. В качестве целевого функционала при построении предлагаемой математической модели будем использовать математическое ожидание суммарного дохода от функционирования СТО при учете потерь продукции из-за простоев, затрат на ликвидацию аварий и проведение ППР. При построении модели учитывалась следующая схема проведения ППР: в случае отказа СТО подвергается аварийному восстановлению без изменения срока начала очередного профилактического ремонта, который осуществляется в заранее фиксированный, оптимально выбранный момент времени. Представим модель, отражающую указанные условия.

Найти переменную  $n$  и вектор  $x = (x_1, \dots, x_{n+1})$ , максимизирующие целевой функционал, который выражает средний доход  $R$  от эксплуатации БДМ за время  $T$ :

$$\max_{n, x \in X(n+1)} R = \max_{n, x \in X(n+1)} \left( CT - C + M \bar{n} r - \sum_{i=1}^{n+1} C + L \bar{B} \bar{C}_i - \tau \bar{r}_a \right),$$

при условиях  $\sum_{i=1}^{n+1} x_i = T$ ,  $x_i \geq \tau$ ,  $i = 1, \dots, n$ ,  $x_{n+1} \geq 0$ ,  $i = 1, \dots, n$ ,  $x_i$  – дискретные,  $i = 1, \dots, n$ , для любого  $k$ ,  $0 \leq k \leq n$ ,  $\sum_{i=1}^k x_i \neq y_j$ ,  $j \in J$ .

Здесь  $C$  – средняя стоимость продукции, произведенной БДМ в единицу времени;

$M$  – средняя стоимость ППР БДМ в единицу времени;

$n$  – количество ППР БДМ;

$r$  – продолжительность ППР;

$r_a$  – средняя продолжительность аварийного восстановления БДМ;

$L$  – средняя стоимость аварийного восстановления БДМ в единицу времени;

$V(t)$  – функция восстановления БДМ (равна среднему количеству аварий на промежутке  $[0, t]$ );

$x_i$ ,  $i = 1, \dots, n+1$  – расстояние между соседними ППР;

$y_j$ ,  $j \in J$  – отражают запреты на проведения ППР в определенные дни (выходные и праздничные).

Теоретическое исследование полученных оптимизационных задач показало, что они относятся к задачам нелинейного сепарабельного непрерывно-дискретного программирования с ограничениями типа «или–или». Кроме того, они являются многоэкстремальными. Найдены условия, когда задачи имеют аналитическое решение, однако чаще всего размерности этих задач не позволяют их решать прямым перебором. Не всегда пригоден метод динамического программирования. При применении некоторых эвристических методов с локальной оптимизацией достигнуты приемлемые результаты [1]. Подготовлен программный комплекс с методами решения данных задач.

#### *Требования к информационной системе поддержки управления*

При создании информационной системы поддержки управления возникают следующие задачи.

1. Компьютеризация решения задач оптимизации, возникающих при моделировании функционирования восстанавливаемых систем.

2. Компьютеризация расчета производственно-экономических, технических, диагностических и других характеристик восстанавливаемых систем для оценки их экономической и производственной эффективности функционирования на конечном интервале времени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27.504–84. Методы оценки надежности по цензурированным выборкам. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 12 с.
2. *Рогов А.А.* Математическая модель задачи составления графика ППР при учете структуры СТО // Прикладная математика и информатика: Тр. ПетрГУ. – 1995. – Вып. 4. – С. 13–19.
3. *Рогов А.А.* Моделирование эксплуатационной эффективности технического объекта. Статистический анализ и проверка адекватности: Учеб. пособие. – Петрозаводск, Изд-во ПетрГУ, 2001. – 215 с.
4. *Рогов А.А., Чернецкий В.И.* Об одном методе расчета оптимального графика планово-профилактических работ (ППР) бумагоделательных машин ЦБК // Математическое моделирование народно-хозяйственных процессов: Межвуз. сб. – Петрозаводск, 1990. – С. 42–56.
5. *Рогов А.А., Щеголева Л.В.* Об одной рекуррентной оценке функции восстановления по цензурированной выборке // Прикладная математика и информатика: Тр. ПетрГУ. – 1996. – Вып. 5. – С. 43–52.
6. *Рогов А.А., Щеголева Л.В.* Применение вложенных процессов для моделирования эксплуатационной эффективности бумагоделательной машины // Тр. междунар. науч. конф. «Статистический и прикладной анализ временных рядов (SAATS-97)». – Брест: БГУ, 1997. – С. 159–165.
7. *Скрипник В.М.* и др. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам. – М.: Радио и связь, 1988. – 205 с.
8. *Ягуткин В.А.* и др. О методах анализа эксплуатационной эффективности бумагоделательных машин / В.А. Ягуткин, Ю.Б. Кувшинский, М.В. Зузайн, Н.Ф. Микова // Бум. пром-сть. – 1985. – № 7. – С. 26–28.
9. *Chernetskii V.I., Rogov A.A., Shchegoleva L.V.* Statistical analysis of renewal processes // Probabilistic Methods in Discrete Mathematics: Proc. of the Fourth Intern. Petrozavodsk Conf. – Utrecht, the Netherlands, VSP, 1997. – P. 137–144.
10. *Rogov A.A.* Information-mathematical aspects of the renewal systems control for finite time interval // Intelligent Systems and Information Technologies in Control-IS&ITC–2000: Proceeding of the International Scientific Conference. – St. Petersburg; Pscov: SPbSTU, 2000. – P. 92–95.
11. *Rogov A.A., Shchegoleva L.V., Shulgin A.V.* Comparison of the empirical estimators of a renewal function // Probabilistic Analysis of Rare Events: Theory and Problems of Safety. – Insurance and Ruin, Riga, Riga Aviation University, 1999. – P. 209–211.
12. *Rogov A.A., Tchernetskii V.I.* On problems of renewal system theory for finite time interval // Probabilistic Methods in Discrete Mathematics: Proc. of the 3 Intern. Petrozavodsk Conf. VSP/TVP. – Utrecht; Moscow, 1993. – P. 386–394.

Петрозаводский государственный университет

Поступила 17.05.03

*A.A. Rogov*

### **Simulation of Renewable Systems Operation (Papermaking Machine)**

Some new approaches to solving problems arising under the complete cycle are considered related to optimal control organization by renewable systems operating in the final time interval.

УДК 62-523.8

**А.Т. Гурьев, М.Е. Деменков**

Гурьев Александр Тимофеевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, проректор по информационным технологиям АГТУ, директор Института информационных технологий АГТУ. Имеет более 50 работ в области исследования процессов лесного комплекса.



Деменков Максим Евгеньевич родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры вычислительных систем и телекоммуникаций АГТУ. Область научных интересов – интеграция информационных процессов.



### **ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ ЛЕСНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PLM-СИСТЕМ**

Рассмотрены вопросы информационной интеграции процессов жизненного цикла (ЖЦ) машиностроительной продукции с использованием системы управления ЖЦ изделия.

*Ключевые слова:* ИПИ-технологии, CALS-технологии, PDM, PLM, интеграция, жизненный цикл изделия, машиностроение.

Одним из наиболее перспективных средств повышения эффективности работы предприятий, в том числе и предприятий лесного машиностроения, в настоящее время следует считать CALS-технологии [1, 3–5].

Предметом CALS являются технологии совместного использования и информационной интеграции процессов, выполняемых в ходе жизненного цикла продукта. Совместное использование информационных моделей, являющихся единым источником информации и стандартизованных методов доступа к данным, – основа эффективной информационной кооперации всех участников жизненного цикла. На рис. 1 показан жизненный цикл машиностроительной продукции.



Рис. 1.

Для интеграции всех данных в рамках единой информационной системы предприятия применяют системы управления данными о жизненном цикле изделий. Их задача – аккумулировать всю информацию, создаваемую прикладными системами, в единую модель.

Процесс взаимодействия PLM-системы и прикладных систем строится на основе стандартных интерфейсов, которые можно разделить на четыре группы:

функциональные стандарты – отслеживают организационную процедуру взаимодействия компьютерных систем, например IDEF0;

информационные стандарты – предлагают модель данных, используемую всеми участниками жизненного цикла, например ISO 10303 (STEP);

стандарты на программную архитектуру – задают архитектуру программных систем, необходимую для организации взаимодействия без участия человека, например CORBA;

коммуникационные стандарты – указывают способ физической передачи данных по локальным и глобальным сетям, например Internet-стандарты.

На сегодняшний день на рынке PLM-систем существует достаточно большое количество разработок [2], среди которых можно отметить как зарубежные (EDS – Teamcenter, IBM – Smart Team, PTC – Windchill, Baan – iBaan PDM, SAP – my SAP PLM), так и отечественные («Прикладная логистика» – PDM Suite Site, «Аскон» – Лоцман PLM, «Люция Софт» – Party Plus) разработки. Эти системы должны обеспечивать использование структуры данных, регламентированной стандартами группы ISO 10303 (STEP); управление конфигурацией изделий и внесением изменений; управление ролевыми функциями персонала предприятия, по крайней мере, в процессе технической подготовки и управления производством; управление документацией, в том числе эксплуатационной и ремонтной; информационное обеспечение логистической поддержки изделий на стадиях эксплуатации и утилизации жизненного цикла; генерирование и сопровождение разнообразных спецификаций, ведомостей и т. д; управление данными не только об изделии, но и о предприятии; управление потоками заданий при разработке технической документации и внесении изменений в документы (Workflow).

Цель статьи – апробация современных методов интеграции информационных процессов жизненного цикла продукции лесного машиностроения на стадиях проектирования и производства для снижения суммарных затрат времени и средств при выпуске новых изделий.

Нами в качестве полигона для опытной эксплуатации PLM-системы использован Архангельский механический завод (АМЗ), который выпускает машиностроительную продукцию, в том числе и для лесного комплекса.

Для этого на предприятии были обследованы основные процессы в каждом подразделении. В ходе бесед с сотрудниками был выяснен состав и последовательность выполняемых действий. По результатам обследования построен набор функциональных диаграмм деятельности АМЗ, одна из которых приведена на рис. 2.

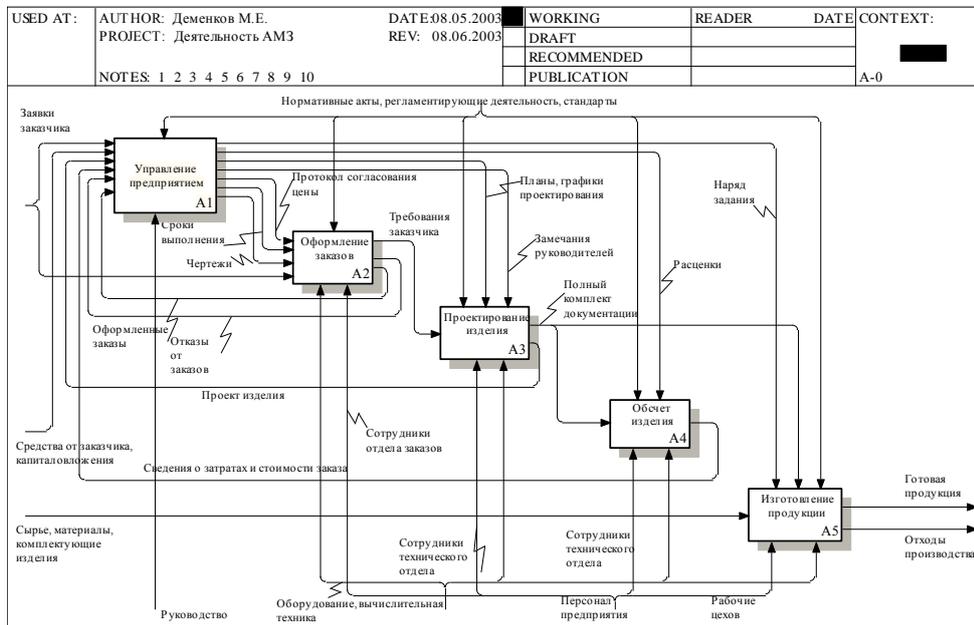


Рис. 2

С учетом перечисленных выше требований к PLM-системам для внедрения нами выбран программный продукт PSS (PDM STEP Suite) [6, 7].

Внедрение PLM-системы в техническом отделе АМЗ проходило в несколько этапов:

- 1) настройка системы;
- 2) создание базы данных;
- 3) разграничение доступа;
- 4) ввод информации;
- 5) категорирование данных;
- 6) задание характеристик;
- 7) интеграция с программными средствами.

На начальном этапе проведены установка системы на все имеющиеся компьютеры технического отдела; адаптация программы; обучение сотрудников технического отдела, которые стали первыми пользователями системы; настройка словарей базы данных и апробация системы в работе с конкретным изделием, заказанным на изготовление.

Определены характеристики изделий, изготавливаемых на предприятии. Их перечень отражен на рис. 3.

Для каждого изделия установлен перечень документов (рис. 4), описывающих разрабатываемое изделие, приведены сведения о выполненных действиях, характеристики.

Рабочая группа использовала PLM-систему для работы над воздуховодом ветровой машины, над которым завод работал в момент внедрения системы.

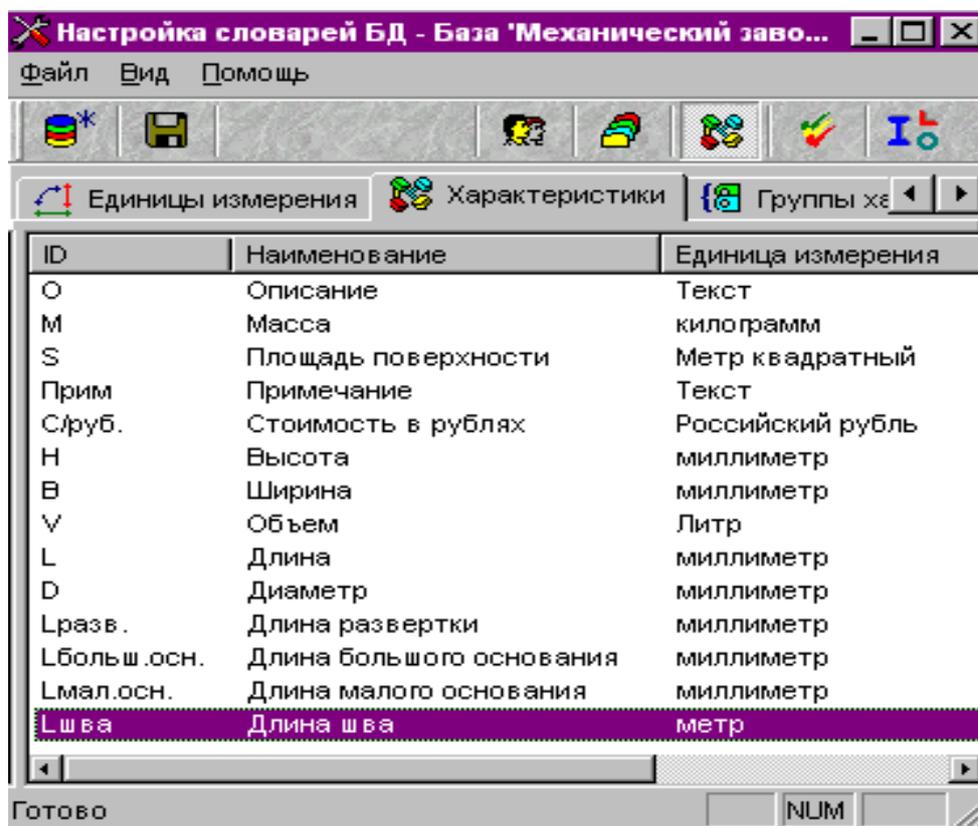


Рис. 3.

Обозначение	Наименование	Тип
02.171.00.00 KB	Воздуховод	Калькуляционная ведомость
02.171.00.00 ЛЗВ	Воздуховод	Лимитно-заборная ведомость
02.171.00.00 CB	Воздуховод	Чертеж
02.171.00.00 CB	Воздуховод	Сводная ведомость
02.171.00.00 Спе	Воздуховод	Спецификация

Рис. 4.

Интеграция программного обеспечения (ПО) при внедрении PLM-системы базируется на идеях объектно-ориентированного программирования. Следует различать синтаксический и семантический аспекты интеграции.

Синтаксическая интеграция реализуется с помощью унифицированных языков и форматов данных, технологий типа ODBC для доступа к об-

щему банку данных или компонентно-ориентированных (CBD – Component-Based Development) технологий.

Семантическая интеграция подразумевает автоматическое распознавание разными системами смысла передаваемых (и получаемых) данных и достигается значительно труднее.

При создании ПО САПР, как и других сложных автоматизированных информационных систем, определяющее значение имеют вопросы интеграции ПО. Теоретической базой для разработки технологий интеграции ПО являются:

1) методология автоматизированного проектирования, в соответствии с которой осуществляют типизацию проектных процедур и маршрутов проектирования в различных предметных областях, выявление типичных входных и выходных данных процедур, построение информационных моделей приложений и их обобщение, сравнительный анализ альтернативных методов и алгоритмов выполнения типовых процедур;

2) объектно-ориентированная методология, в соответствии с которой множества сущностей, фигурирующих в процессах проектирования, подразделяются на классы, где появляются свои процедуры и типы данных с отношениями наследования.

Эти классы могут быть инвариантными и прикладными. Их обобщение и унификация приводят к появлению таких понятий и средств, как интегрированные ресурсы и прикладные протоколы, фигурирующие в стандартах STEP, или унифицированные программные компоненты типа графических ядер конструкторских САПР. Именно наличие типовых процедур и единообразное толкование атрибутов объектов в рамках конкретных протоколов позволяют разным программным системам «понимать» друг друга при взаимодействии.

В программных комплексах конструирования происходит обработка графической информации. Содержательная часть сообщений относится к геометрическим элементам, их размерам и положению в пространстве. В программах технологической подготовки механической обработки деталей наряду с геометрической информацией о конструкциях заготовок передаваемые сообщения могут содержать сведения об инструменте, технологической оснастке, оборудовании, режимах обработки, нормах времени, траекториях движения инструмента и рабочих органов оборудования и т. п.

Таким образом, в каждом приложении совокупность используемых при обменах понятий, предметных переменных и числовых параметров существенно ограничена и достаточно определена для того, чтобы можно было ставить вопрос о типизации моделей и языка взаимодействия. Такие вопросы решают в рамках технологий STEP/CALS. Число приложений, нашедших свое описание в прикладных протоколах STEP, ограничено, но совокупность таких протоколов может расширяться.

Прикладные протоколы STEP представляют семантическую сторону интеграционных технологий. Для интеграции нужна унификация не только моделей приложений, но и механизмов взаимодействия, примерами которых

являются технологии OLE, DDE, а также компонентно-ориентированные технологии ActiveX.

Существует множество форматов унифицированного представления данных, предназначенных для обмена между системами, например APT, CGM, CL-Data, DXF, IGES, SAT, STEP, WMF и т.д. Различные форматы относятся к различным предметным областям, при этом большую часть форматов относят или к одной предметной области, или к их ограниченному набору. Каждый из форматов содержит описание, структуру и типы данных.

Первоначально унифицированный формат представления данных использовали в схеме П-УФ-П, приведенной на рис. 5:

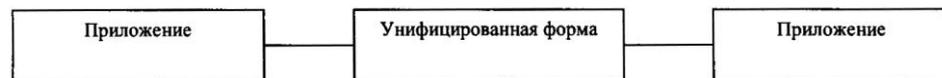


Рис. 5.

Очевидно, что при такой схеме каждая из прикладных программных систем имеет свой набор данных, хранимый в ее внутреннем формате, а данные в унифицированном формате существуют только в момент обмена между системами.

Возможна и другая схема УФ-П-УФ обмена данными между прикладными программными системами (рис. 6):

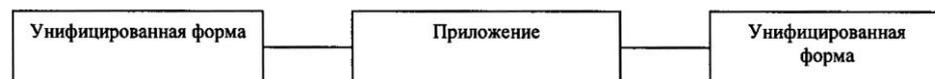


Рис. 6.

В этой схеме данные постоянно хранят в унифицированном формате, прикладные программные системы используют их в качестве исходных, создают новые или модифицируют старые данные, возвращая их для дальнейшего хранения в унифицированном формате.

Применение той или иной схемы определяет метод интеграции данных. Естественно, что можно интегрировать только те данные, которые хранятся постоянно: при схеме П-УФ-П – в формате приложений, при схеме УФ-П-УФ – в унифицированном формате.

В рамках внедрения на АМЗ были реализованы обе схемы интеграции. Схему УФ-П-УФ использовали для прямой интеграции, когда информацию об изделии можно передавать в другую систему благодаря единому стандарту описания информации STEP, а схему П-УФ-П – для высокоуровневой интеграции между приложениями, поддерживающими только свой формат представления информации. Рассмотрим подробнее каждую схему.

Как следует из анализа особенностей построения интегрированной модели воздуховода, она должна отражать множество аспектов изделия, относящихся к различным предметным областям. Следовательно, построение интегрированной модели по методу преобразующей интеграции требует

применения такого унифицированного формата данных, который охватывал бы большинство или все предметные области, отражаемые этой моделью.

Универсальным является только формат ISO 10303 STEP (STandard, Exchange, Product), который возник как ответ на потребность обмена данными между приложениями. Среди форматов обмена данными STEP занимает особое место в силу следующих обстоятельств:

его официальный статус – это утвержденный международный стандарт ISO;

широта охвата предметных областей – широкий список «Прикладных протоколов», соответствующих предметной области;

наличие формального, доступного для компьютерной интерпретации описания типов данных средствами языка EXPRESS, который является составной частью стандарта STEP и имеет обозначение ISO 10303-11 (в других форматах, например IGES или SAT, типы данных описаны в текстовом виде), т.е. STEP в наибольшей степени пригоден для формирования словарных метаданных;

наличие интеграции между смежными предметными областями за счет наследования типов данных (например, в формате IGES механизм наследования отсутствует, в формате SAT – присутствует, но ограничен только чисто геометрическими типами данных).

Стандарт STEP обеспечивает средства описания единых моделей изделия. Международный стандарт ISO 10303 организован в серии томов. Тома распределены по следующим сериям: методы описания; интегрированные ресурсы; протоколы приложений (прикладные приложения); наборы абстрактных тестов; формы реализации (обменный файл и интерфейс доступа к данным); тестирование соответствия.

В рамках внедрения системы управления жизненным циклом на АМЗ были использованы два способа интеграции информационных процессов: с помощью обменного файла, прямая интеграция между приложениями.

Обменный файл – это некий транспортный формат, в котором можно передавать данные между различными системами. Он предназначен для передачи данных между различными прикладными системами, совместимыми с ISO 10303 STEP. Обменный файл – символьный и не зависит от конкретного программного обеспечения и используемых платформ. Формат обменного файла регламентирован стандартом ISO 10303, том 21, что гарантирует его совместимость с любым программным обеспечением, совместимым со стандартом STEP. Это позволяет применять обменный файл для связи неинтегрированных приложений STEP, использующих одинаковые схемы. Ниже представлен фрагмент обменного файла, показывающий структуру изделия воздуховода ветровой машины.

```
ISO-10303-21; – код обменного файла
HEADER; – начало заголовочной секции
FILE_DESCRIPTION( (' '),2;1');
FILE_NAME('teststep',
'20033T13:06:43+03:00',
```

```

(' '), (' '),
'Crossing v.1.0',
'T-Flex Parametric Pro v.5.2',' ');
FILE_SCHEMA(('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC; – конец заголовочной секции
DATA; – начало секции данных
#8=(NAMED_UNIT(*)PLANE_ANGLE_UNIT()SI_UNIT($,RADIANT.));
#9=DIMENSIONAL_EXPONENTS(0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0);
#10=PLANE_ANGLE_MEASURE_WITH_UNIT(PLANE_ANGLE_M
EASURE(0.017453292500000),#8);
#14=(CONVERSION_BASED_UNIT('DEGREE',#10)NAMED_UNIT(#
9)PLANE_ANGLE_UNIT());
#18=(NAMED_UNIT(*)SI_UNIT($,.STERADIAN.)SOLID_ANGLE_U
NIT());
#22=(LENGTH_UNIT()NAMED_UNIT(*)SI_UNIT(MILLI,METRE.));
ENDSEC; – конец секции данных
END-ISO-10303-21; – код конца файла

```

Предполагается, что при передаче обменный файл не сопровождается никакой дополнительной информацией и должен содержать все необходимые для своей интерпретации данные. В обменном файле отсутствуют ссылки на какие-либо данные, не содержащиеся в нем (за исключением имени схемы).

Как было показано ранее, обменный файл содержит не только структуру изделия, но и различные характеристики, которые были необходимы для занесения в единое хранилище данных (PLM-система).

Процесс экспорта информации из PDM STEP Suite в обменный файл имеет интерактивный интерфейс, облегчающий работу пользователя.

В связи с тем, что при импорте обменного файла STEP происходит не просто конвертация файла из одного формата в другой (как в CAD-системах), процесс загрузки выполняется в несколько этапов. Основной сложностью является наличие противоречивой информации в обменном файле и базе данных.

Использование высокоуровневого интерфейса представляет собой более гибкий способ интеграции. В рамках внедрения этот способ был использован для передачи данных из PLM-системы в лимитно-заборную ведомость, формируемую в Microsoft Excel. Использование обменного файла в данном случае было невозможно, так как компания «Microsoft» не предлагает подобного решения.

Одной из важнейших особенностей системы PDM STEP Suite является возможность доступа к ее базе данных с помощью высокоуровневых функций (высокоуровневого API). Использовать этот набор функций можно из любых современных средств разработки – Visual Basic, Visual C++, Delphi, Borland C++ Builder и др. Причем использование этого набора функций не требует знания стандарта STEP и умения работать с объектно-ориентированными базами данных.

**Мастер создания ведомостей**

Изделие  
 Обозначение: 02.171.00.00  
 Наименование: Воздуховод ветровой машины VM-95  
 Версия:

Информация о заказе  
 Наименование заказчика:  
 Дата составления документа: 27.05.2003  
 Вид документа:  
 Лимитно-заборная ведомость  Сводная ведомость

Наименование детали	Обозначение	Материал	Кол-во	Ед. и...
Опора	02.171.01.00	Уголок 90°90°6 Уголок	4	кг
		Кислород	3,25	кг
Лист	02.171.01.01-02	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	7	кг
Лист	02.171.01.02-03	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	4,84	кг
Лист	02.171.01.02-04	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	4,5	кг
Опора	02.171.02.00	Уголок 90°90°6 Уголок	4	кг
		Сварочная проволока	30,39	кг
Лист	02.171.01.01-01	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	8,2	кг
Лист	02.171.01.02-02	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	5,03	кг
Лист	02.171.01.02-01	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	5,2	кг
Обечайка	02.171.03.00	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	1	кг
Лист	02.171.03.01-01	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	49,5	кг
Лист	02.171.03.01-02	Лист 6 Ст 3 ГОСТ 380-94	85	кг

Подключиться к БД | Выбрать изделие | Сформировать ведомость | Разорвать соединение с БД

Рис. 7.

Нами с помощью элемента ActiveX, входящего в состав PDM STEP Suite и среды разработки Borland Delphi, разработан мастер создания ведомостей, с помощью которого информация из системы управления жизненным циклом передается в редактор электронных таблиц Microsoft Excel. На рис. 7 приведен пример программы с высокоуровневым интерфейсом.

Опытное внедрение PLM-системы на АМЗ выявило ряд проблем:

- сложность формирования и подготовки квалифицированной рабочей команды на предприятии;
- недооценка (при планировании) сложности и трудоемкости работ;
- отвлечение рабочей команды на решение производственных задач, не связанных с внедрением PLM-системы;
- противоречия между подразделениями.

Анализируя результаты внедрения PLM-системы можно сделать следующие выводы.

1. Система позволяет эффективно интегрировать различными способами разнородные информационные объекты и способствует созданию единого хранилища электронно-технической документации.

2. Снижаются непроизводительные затраты времени, связанные с поиском данных, изменением конструкции изделия, улучшением взаимодействия участников проектирования и изготовления изделий лесного машиностроения.

3. Дальнейшее развитие интеграции процессов и внедрения систем управления жизненным циклом изделий лесного машиностроения должно идти по пути создания единого информационного пространства и организации взаимодействия через Web-портал.

4. Использование приведенной технологии позволит снизить себестоимость выпускаемой продукции лесного машиностроения, сократить время на ее проектирование и производство.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов А.Н., Барабанов В.В., Шульга С.С. CALS – поддержка жизненного цикла продукции. Руководство по применению – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 1999. – 44 с.
2. Краюшкин В. Современный рынок систем PDM // Открытые системы. – 2000. – № 9. – С. 67.
3. Левин А.И. Концепция применения CALS-технологий на машиностроительном заводе – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2001. – 36 с.
4. Норенков И.П., Кузьмин П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий CALS-технологий. – М.: Изд-во МГТУ, 2002. – 320 с.
5. Соломенцев Ю.М. и др. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологий / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков. – М.: Наука, 2003. – 292 с.
6. PDM STEP Suite. Руководство пользователя. Часть 1. Настройка системы. – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2001. – 69 с.
7. PDM STEP Suite. Руководство пользователя. Часть 2. Менеджер структуры изделия – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2001. – 121 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 21.01.04

*A.T. Gurjev, M. E. Demenkov*

### **Integration of Information Processes for Life Cycle of Forest Machine-building Products Based on PLM-systems**

Problems of information integration for the life cycle processes of machine-building products based on the life-cycle management system are considered.



**МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ**

УДК 69.008

***А.А. Ефремов, О.М. Соколов, Ю.А. Варфоломеев***

Ефремов Анатолий Антонович родился в 1952 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, глава администрации Архангельской области, почетный доктор Архангельского государственного технического университета, академик Академии проблем качества РФ, МАМР, МАЭФП, РАИН. Имеет около 100 печатных трудов в области экономики и социальной политики, минеральных ресурсов и транспортных перевозок в северном регионе.



Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой биотехнологии Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИА, РАЕН, Академии проблем качества РФ, чл.-кор. МИА, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 170 научных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.



Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет около 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.

**ОРГАНИЗАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ  
ПЕРВОГО ВСЕРОССИЙСКОГО СТУДЕНЧЕСКОГО  
СТРОИТЕЛЬНОГО ОТРЯДА**

Оценен кадровый потенциал учащейся молодежи Архангельской области и рассмотрена организация в 2003 г. первого Всероссийского студенческого строительного отряда, успешно отработавшего на реставрации культовых объектов Соловецких островов.

*Ключевые слова:* учащаяся молодежь, всероссийский студенческий отряд, студенты, Соловецкие острова, реставрация.

Молодежь является стратегическим ресурсом общества, в который сегодня надо вкладывать средства и силы. Развитие рыночной экономики, формирование пенсионного фонда и решение других государственных задач в огромной мере зависят от участия трудящейся молодежи.

Раньше в системе учебных заведений практическую подготовку будущих производственных и руководящих кадров осуществляли в основном в студенческих отрядах [1]. Однако за годы перестройки это трудовое молодежное движение замерло, и в Архангельской области ощутили дефицит притока на производство молодых специалистов, адаптированных к рыночным условиям и имеющих опыт работы в коллективе. Среди молодежи начали развиваться индивидуализм, эгоистические настроения, резко усилилось стремление к торговой и посреднической деятельности. Анализ результатов социологических исследований в студенческой среде Архангельского государственного технического университета (АГТУ) показал, что наряду с решением проблемы временного трудоустройства учащейся молодежи в студенческих отрядах необходимо проводить системную работу по патриотическому воспитанию, развитию физкультуры и спорта, художественной самодеятельности.

Архангельская область имеет большую территорию, низкую плотность населения и богатые природные ресурсы, требующие освоения и переработки. В климатических условиях Севера лето с длинными белыми ночами наиболее благоприятно для проведения строительных работ. Поэтому очень актуальна сезонная целенаправленная помощь студенческих строительных отрядов (ССО).

На начало 2003 г. в высших учебных заведениях Архангельской области и их филиалах обучалось 45 940 студентов (АГТУ – 30,36 %, Поморский государственный университет – 26,29 %, Северный государственный медицинский университет – 11,34 %, Севмашвуз – 9,84 %), в 26 средних специальных учебных заведениях – 21 202 учащихся (Северодвинский технический колледж – 8,63 %, Архангельский лесотехнический колледж – 8,41 %, Архангельский колледж телекоммуникаций – 7,67 %, Вельский коммерческо-экономический техникум – 5,79 %, Архангельский торгово-экономический техникум – 5,52 %, Архангельский кооперативный техникум – 5,35 % и др.).

По данным экспертно-аналитического совета при главе администрации Архангельской области в настоящее время в строительном комплексе потребность в кадрах составляет 42 %, в лесопромышленном – 17 %, в среднем по промышленности – 24 %. При этом наиболее востребованы рабочие профессии. Однако выпускники учреждений начального производственного образования, имеющие строительные профессии, составляют лишь 15,1 % от общей численности, профессии лесопромышленного комплекса – 3,7 %.

Анализ ситуации, сложившейся в распределении трудовых ресурсов области, показал, что приток молодых специалистов из других регионов практически полностью прекратился. Для местной молодежи значительно ограничилась возможность обучения за пределами области, а большинство

из тех, кто эту возможность реализует, обратно не возвращаются. Формирующийся дефицит специалистов технического профиля и избыток специалистов социально-экономических направлений создают реальную опасность изменения кадрового равновесия на региональном уровне.

Социальной адаптации выпускников, имеющих профессии социально-экономического профиля, которые не пользуются спросом на рынке труда, могут способствовать их специализация по конкретным отраслям промышленности или освоение ими дополнительных профессий.

На основании результатов анализа ситуации с трудовыми ресурсами администрацией Архангельской области и ректоратом АГТУ была поставлена задача – привлечь имеющийся кадровый потенциал учащейся молодежи к освоению рабочих профессий, востребованных на рынке труда, и участию в период летних каникул в решении наиболее актуальных экономических проблем региона.

Учитывая то, что без строительства и реконструкции объектов производственной и социальной сферы реального экономического прогресса в области и стране не достигнуть, было решено активно развивать трудовое движение ССО. Опыт первых лет работы по возрождению трудового движения в области показал, что студенты, обучающиеся на разных факультетах, проявили заинтересованность в получении рабочих профессий строительного профиля. Это объясняется тем, что компетентность и трудовые навыки в этом направлении могут потребоваться не только на основной работе, но и при решении многих бытовых проблем (непосредственное участие в ремонте или строительстве жилья, оценка качества предоставляемых услуг, строительных материалов и др.).

Для решения поставленной задачи был создан Архангельский областной штаб ССО, разработана и реализована на практике система координации его работы с использованием опыта ветеранов этого движения [2]. Взаимосвязь со строительными, ремонтными и реставрационными организациями установлена через их руководителей из числа выпускников АГТУ, что способствовало возрождению и развитию движения ССО в Архангельской области.

Анализ опыта студенческих отрядов, наработанного с момента их образования до 90-х годов, показал, что развитию трудового движения и его популяризации в нашей стране эффективно способствовали всесоюзные отряды, которые ежегодно организовывали в областях и республиках бывшего СССР. Приток на север на сезонную работу молодежи из других регионов способствовал установлению и развитию более длительных связей с местным населением. Некоторые выпускники приезжали работать в знакомые места после окончания своего учебного заведения. Всю деятельность координировал Всесоюзный штаб ССО в Москве под руководством ЦК КПСС, ЦК ВЛКСМ и союзных министерств. Все республики и области боролись за право принять такой отряд на своей территории. Выбор места его дислокации проходил на конкурсной основе. Получить право принять такой отряд и

попасть в него было очень престижно и непросто. Однако длительный период с начала перестройки такие отряды в нашей стране не создавались.

В современных условиях на территории России действуют предприятия разных форм собственности, отсутствует четко скоординированная система планирования, значительно изменилась законодательная база. По указанным причинам проводить работу по возрождению ССО в настоящее время гораздо сложнее, чем до социально-экономических преобразований.

В 2002 г. на кафедре инженерных конструкций и архитектуры АГТУ был разработан детальный проект организации на территории Архангельской области первого Всероссийского ССО. В качестве потенциальных мест его дислокации был предложен ряд объектов: железнодорожная магистраль Белое море – Республика Коми – Урал на участке Карпогоры–Вендинга, участок газопровода Ньюксеница–Архангельск в Вельском районе, нефтедобывающие промышленные узлы Ненецкого автономного округа, реконструируемые ЦБК, Ломоносовское месторождение алмазов, храмовый комплекс на Соловецких островах. На основании всестороннего анализа местом дислокации первого Всероссийского ССО были выбраны Соловки.

Этот новаторский проект, тщательно обоснованный расчетами, получил поддержку департамента по молодежной политике Министерства образования Российской Федерации, возглавившего работу по подбору кандидатур в отряд из других регионов и координации подготовительной деятельности. Базовой организацией для первого Всероссийского ССО являлся АГТУ.

Архангельская область раньше никогда не принимала Всесоюзных ССО. Поэтому на подготовительном этапе активную помощь оказывал комитет по делам женщин, семьи и молодежи администрации области. После обследования реставрируемых объектов специалисты строительного факультета АГТУ определили виды и оценили объемы работ, на которых рационально использовать студентов. Реставрацию финансировали Министерство культуры Российской Федерации и церковь.

При подборе кадров в отряд приходилось учитывать образ жизни в Голгофо-Распятском ските, где строго соблюдают посты, посещают богослужения, не смотрят телевизор, не читают газет и не слушают радио. Было учтено пожелание работодателей, чтобы среди студентов были верующие. Подготовкой жилья для отряда, организацией питания, обеспечением необходимыми стройматериалами и фронтом работ занимались Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник и генеральный подрядчик реставрационных работ на Соловках – Институт проектирования и реставрации. Готовность работодателей к приему студентов проверял министр образования Российской Федерации В.М. Филиппов, который провел в Соловецком кремле рабочее совещание. В связи с большим объемом работ было решено, что первый Всероссийский ССО будет работать здесь несколько лет. Анализ ситуации на месте показал, что в летний период активного паломничества в святые места на островах из-за дефицита жилья невозможно принимать отряды большой численности. По-

этому было предложено создать на Соловецких островах жилую базу для студентов.

АГТУ организовал связь с Москвой, Соловками, учебными заведениями в разных регионах страны, согласовал с департаментом по молодежной политике Министерства образования Российской Федерации отбираемые в отряд кандидатуры, программу их профессиональной подготовки, время и место встречи в Архангельске иногородних студентов. Командиром первого Всероссийского ССО был выбран студент строительного факультета АГТУ Сергей Нибабин. В АГТУ разработали и изготовили эмблемы, флаг, штандарты, парадную форму бойцов.

Прибывающих в Архангельск иногородних студентов разместили в гостинице, обеспечили питанием, транспортом, экскурсионным обслуживанием. Большую помощь в подготовке отряда оказало ОАО «Архангельский Технополис». Бойцы отряда были доставлены на Соловецкие острова на пассажирском многопалубном морском теплоходе «Клавдия Еланская».

В первом Всероссийском ССО трудились студенты из Архангельска, Москвы, Йошкар-Олы, Иркутска, Иваново. Половина отряда работала в Соловецком кремле на Большом Соловецком острове: окаривали бревна для лесов реставрируемой древней кирпичной колокольни, ремонтировали кровлю Прачечного корпуса монастыря, строили деревянную мостовую, ведущую в Ботанический сад.

Остальные базировались на острове Анзер. Там восстанавливали Голгофо-Распятский скит, который является одной из главных святынь Соловецкого архипелага. Анзер объявлен заповедной зоной, поэтому там нет никакой тяжелой техники, все приходилось делать вручную. Для перевозки тяжестей служили лошади.

Коллектив отряда был объединен общей производственной целью. Студенты занимались заготовкой сена на зиму, капитальным ремонтом дорог, возводили леса вокруг реставрируемого храма, разбирали развалившиеся конструкции, подносили кирпич, раствор. Уникальная природа Соловецкого архипелага находится под контролем ЮНЭСКО, поэтому при ремонте дорог требовалось специальное согласование для использования местных материалов. Наиболее трудной работой для студентов была разгрузка кирпича и других стройматериалов с барж и доставка их к храму. Баржи приходили через каждые день-два. Однажды баржу пришлось разгружать с помощью вертолета.

Летом 2003 г. на Соловках была очень хорошая погода. В свободное время студенты ловили рыбу, купались в теплом озере и Белом море. Учитывая удаленность Соловецких островов Белого моря от материка, был сформирован особый резерв командира. В него входили медикаменты, палатки, спальные мешки, спальные принадлежности, канистры из нержавеющей материала для пресной воды, надувная лодка, рыболовецкие снасти, библиотека, походная канцелярия, настольные игры, мячи и другие спортивные принадлежности.

В настоящее время идет подготовка к работе первого Всероссийского ССО на Соловецких островах в летний трудовой семестр 2004 г. Проводится анализ архангельского опыта создания первого Всероссийского отряда в новых социально-экономических условиях и распространение его в других регионах страны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ефремов А.А., Соколов О.М., Варфоломеев Ю.А.* Производственная подготовка инженерных кадров в студенческих строительных отрядах (на примере Архангельской области) // Лесн. журн. – 2002. – № 1. – С. 132–139. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Студенческие строительные отряды АЛТИ–АГТУ / О.М. Соколов, Ю.А. Варфоломеев, А.Н. Федотов и др. – Архангельск: АГТУ, 2000. – 134 с.

Администрация Архангельской  
области

Архангельский государственный  
технический университет  
Поступила 2.09.03.

*A.A. Efremov, O.M. Sokolov, Yu.A. Varfolomeev*

#### **Establishment of First All-Russia Students' Construction Brigade in Arkhangelsk Region**

Personnel potential of the studying youth of the Arkhangelsk region is evaluated and establishment of the First All-Russia Students' Construction Brigade successfully involved in restoration works of the cultural monuments on the Solovetsky Islands is considered.

---

УДК 69.008

*П.А. Королев, Ю.А. Варфоломеев, В.В. Кичев,  
В.Ю. Чернега, А.И. Лавров*

### **СОЗДАНИЕ В АРХАНГЕЛЬСКЕ ШТАБА СТУДЕНЧЕСКИХ ОТРЯДОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РФ**

Рассмотрены проблемы развития студенческих отрядов; оценено их влияние на улучшение положения в молодежной среде; изложены мероприятия по координации движения в стране; обобщен опыт организации штаба студенческих отрядов Северо-Западного федерального округа Российской Федерации.

*Ключевые слова:* студенческие отряды, производственная практика, занятость молодежи, координация деятельности, штаб студенческих отрядов, Северо-Западный федеральный округ Российской Федерации.

Производственная практика в строительных, реставрационных, сельскохозяйственных, педагогических, медицинских и других специализированных отрядах дополняет теоретические знания, полученные студентами в учебном заведении, оказывает огромное влияние на формирование личности. В 1960–80-е гг. через школу студенческих отрядов прошли многие руководители всех уровней.

За период перестройки движение студенческих отрядов прекратило свое существование за исключением нескольких областей с устойчивой экономической ситуацией. Например, движение студенческих отрядов Свердловской области, не прекращавшее своей деятельности все эти годы и наработавшее большой опыт организации труда молодежи, в 2003 г. отметило свое 40-летие. Многие регионы утратили традиции и опыт трудового движения. В молодежной среде зафиксирован резкий рост проблем трудовой занятости, алкоголизма, наркомании, снизились общий уровень культуры и спрос на занятия физкультурой и спортом. Учебные заведения стали испытывать сложности с организацией учебных и производственных практик [2].

В последние годы ведется активная работа по возрождению и развитию движения студенческих отрядов в нашей стране. Этому способствуют стабилизация экономики и подъем производства, вызывающие рост объемов работ в различных отраслях и потребности в сезонных кадрах.

На примере Архангельской области видно, что правильно организованное взаимодействие нынешних участников трудового молодежного движения с его ветеранами, администраций области, руководителями предприятий-работодателей и коллегами из других регионов способствует развитию этого направления [1, 2]. Взаимодействие осуществляет координатор Архангельского областного штаба студенческих строительных отрядов (ССО), избранный от ветеранов этого движения из числа профессорско-

преподавательского состава Архангельского государственного технического университета. За четыре последних года возрожденные здесь студенческие отряды хорошо зарекомендовали себя на стройках нашей области, Республики Коми, Ненецкого автономного округа, Ханты-Мансийского автономного округа, г. Санкт-Петербурга и др. Научно-методический подход к проблеме возрождения трудового молодежного движения студенческих отрядов в Архангельской области является лучшим в стране.

Анализ опыта последних лет свидетельствует о том, что студенческие отряды возрождаются благодаря самоотверженной деятельности активистов. По данным департамента по молодежной политике Министерства образования Российской Федерации летом 2003 г. в составе 3382 разнопрофильных отрядов трудились около 300 тыс. студентов, что в 3 раза больше, чем в 2002 г.

В ССО участвует около 40 % от общей численности молодежного движения. Как правило, на подготовительном этапе их члены проходят обучение по рабочим специальностям и технике безопасности. Наиболее подготовленными являются студенты старших курсов строительных факультетов. Однако в настоящее время часть сезонного строительства во многих регионах России выполняют рабочие из ближнего зарубежья, не имеющие официального разрешения на трудоустройство. В этом случае ССО оказываются в неравных условиях конкуренции и студенты лишаются возможности трудоустройства.

Разнообразие и разнородность отрядов создают проблемы для рациональной координации их деятельности. Несовершенство трудового законодательства и системы обеспечения защиты интересов наемных работников повышают степень экономического риска при работе студенческих отрядов. Разрозненным отрядам труднее обеспечить фронт работ и отстаивать свои права в конфликтных ситуациях.

На заседании правительственной комиссии по делам молодежи 9 июля 2003 г. был определен комплекс мер по развитию в стране трудового студенческого движения. В связи с обострением проблем терроризма Министерству внутренних дел Российской Федерации поручено организовать взаимодействие с руководством студенческих отрядов по вопросам обеспечения безопасности в местах проживания и работы. Министерством образования Российской Федерации подготовлены и разосланы рекомендации по созданию студенческих отрядов, зачету времени работы в них по специальности как времени прохождения студентами учебной или производственной практики.

Летом 2003 г. по проекту АГТУ, активно поддержанному Министерством образования Российской Федерации и администрацией Архангельской области, был создан первый Всероссийский студенческий строительный отряд «Соловки». Студенты из Архангельска, Йошкар-Олы, Иркутска, Москвы и Иваново участвовали в реставрации всемирно известных российских святынь Соловецкого кремля и Голгофо-Распятского скита на островах Соловецкого архипелага Белого моря [1].

Департаментом по молодежной политике Министерства образования Российской Федерации принято решение о координации трудового движения молодежи в нашей стране. Важное место в этом процессе отводится штабам студенческих отрядов, созданных в Уральском, Приволжском, Сибирском, Центральном и Южном федеральных округах России.

В Архангельске 28–29 октября 2003 г. состоялось межрегиональное совещание на тему «Возрождение и развитие молодежного движения студенческих строительных отрядов в Северо-Западном федеральном округе России», в работе которого приняли участие 412 делегатов. На совещании представители Республики Коми, Республики Карелия, Архангельской, Вологодской, Калининградской, Ленинградской, Мурманской, Псковской областей, г. Санкт-Петербурга обменялись опытом работы и планами на будущее. Большое внимание уделено обсуждению информации департамента по молодежной политике Министерства образования Российской Федерации о роли координации в развитии движения, был создан штаб студенческих отрядов Северо-Западного федерального округа Российской Федерации.

При коллегиальной разработке положения о штабе за основу был использован опыт Уральского федерального округа, дополнительно введены важные разделы, касающиеся процедуры и критериев формирования представительского состава, избрания руководителя, отзыва представителей и принятия других решений.

Штаб не является юридическим лицом, не имеет своего расчетного счета и создается на основании решения совещания представителей организаций, содействующих деятельности студенческих отрядов Северо-Западного федерального округа. Он руководствуется в своей деятельности Конституцией Российской Федерации, федеральными законами, указами и распоряжениями Президента РФ, постановлениями и распоряжениями Правительства РФ, а также принятым положением.

Основная цель штаба – содействие воспитанию социальной зрелости молодежи, становлению гражданского общества, координации работы студенческих отрядов и организаций, оказывающих содействие их деятельности.

Для достижения поставленной цели штаб решает задачи привлечения молодежи к участию в деятельности студенческих отрядов, поддержки их творческих коллективов, содействия временной трудовой занятости, организации досуга, развитию физкультуры и спорта в молодежной среде.

Штаб осуществляет свою деятельность по следующим направлениям:

содействие поиску объемов работ для студенческих отрядов, оказание им правовой помощи при ведении хозяйственно-договорной деятельности, поддержка в организации безопасных условий труда;

координация выезда студентов в летний период на работу в другие субъекты Российской Федерации;

организация профессиональной подготовки членов студенческих отрядов и обучения их руководителей;

обеспечение взаимодействия с органами государственной власти, участие в организуемых ими конкурсах межрегиональных программ и проектов в сфере содействия студенческому движению;

участие в формировании базы нормативно-правовых актов, регулирующих деятельность студенческих отрядов, и рассмотрении проектов федеральных законов, иных нормативных правовых актов и методических документов, направленных на защиту интересов студенчества и молодежи России;

содействие привлечению внебюджетных источников финансирования мероприятий по поддержке деятельности студенческих отрядов в Северо-Западном федеральном округе Российской Федерации, организация окружных досуговых мероприятий согласно плану, распространение информации о собственной деятельности.

Штаб имеет право запрашивать и получать в установленном порядке у органов государственной власти Российской Федерации и органов местного самоуправления необходимую информацию по вопросам, относящимся к его компетенции; вносить в установленном порядке уточнения в разрабатываемые нормативно-правовые акты, государственные и муниципальные целевые программы; готовить и вносить предложения в программы и планы мероприятий штабов студенческих отрядов субъектов Российской Федерации; создавать экспертные, рабочие группы и оргкомитеты мероприятий из числа членов штаба и приглашенных лиц; привлекать по согласованию в установленном порядке органы государственной власти, молодежные и детские общественные объединения, образовательные учреждения профессионального образования и другие организации для участия в мероприятиях по поддержке деятельности студенческих отрядов в Северо-Западном федеральном округе Российской Федерации.

Порядок деятельности штаба регламентирован. Право решающего голоса имеет один представитель от каждого субъекта федерации, входящего в состав Северо-Западного федерального округа Российской Федерации. Представители субъектов путем делегирования формируют персональный состав штаба. Его члены принимают непосредственное участие в совещаниях. Правом замены члена штаба обладает субъект Российской Федерации, его делегировавший.

Штаб осуществляет свою деятельность в соответствии с планом работы, утвержденным на совещании. Оперативной деятельностью управляет руководитель, избираемый из числа членов штаба сроком на один год. Выборы проходят при наличии уполномоченных представителей более двух третей субъектов Российской Федерации, входящих в состав штаба, путем тайного голосования простым большинством голосов присутствующих.

Руководитель организует реализацию мероприятий согласно принятому плану, представляет решения штаба в органы государственной власти, иные организации и учреждения, несет персональную ответственность за выполнение поставленных задач. При необходимости он формирует из чис-

ла членов штаба исполнительные органы, назначает ответственного секретаря, формирует и утверждает состав экспертных и рабочих групп.

Досрочное прекращение полномочий руководителя может быть осуществлено на внеочередном совещании штаба при наличии более двух третей полномочных представителей субъектов Российской Федерации. Решение принимается простым большинством голосов присутствующих на совещании. Внеочередное совещание может быть инициировано не менее, чем одной третью субъектов Российской Федерации, входящих в состав штаба.

Рабочим органом штаба является совещание. Совещания проводят в соответствии с годовым планом работы, но не реже одного раза в полгода. Решения принимают при наличии более половины субъектов Российской Федерации, входящих в его состав, простым большинством голосов присутствующих на совещании путем открытого голосования и оформляют протоколом за подписью руководителя и секретаря. Штаб вправе привлекать для участия в совещаниях представителей иных организаций с правом совещательного голоса. Для проведения конкретных мероприятий, предусмотренных годовым планом, в случае необходимости формирует оргкомитеты, состав которых утверждает руководитель.

Штаб ликвидируется по соответствующему решению совещания уполномоченных представителей организаций, субъектов Северо-Западного федерального округа Российской Федерации числом голосов не менее двух третей от числа субъектов, участвующих в работе штаба.

На основании принятого положения о работе штаба первым его руководителем был избран В.В. Кичев, студент строительного факультета АГТУ. С учетом программы мероприятий Министерства образования РФ на совещании был разработан план действий студенческих отрядов Северо-Западного федерального округа на 2004 г. Запланирован большой объем работ по обучению лидеров движения, созданию баз данных о потенциальных кадрах студенческих отрядов, работодателях, формированию Всероссийского отряда «Соловки» на летний период 2004 г. Начата подготовка к празднованию в конце февраля 2004 г. 45-летнего юбилея студенческого движения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Варфоломеев Ю.А.* Возрождение молодежного движения студенческих строительных отрядов в Архангельской области // Вестник совета ректоров вузов Северо-Западного федерального округа. – 2003. – № 3. – С. 21.
2. *Ефремов А.А., Соколов О.М., Варфоломеев Ю.А.* Производственная подготовка инженерных кадров в студенческих строительных отрядах (на примере Архангельской области) // Лесн. журн. – 2002. – № 1. – С. 132 - 139. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Департамент по молодежной политике  
Министерства образования РФ

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 12.11.03

*P.A. Korolev, Yu.A. Varfolomeev, V.V. Kichev,  
V.Yu. Chernega, A.I. Lavrov*

**Establishment of Headquarters of Students' Construction Brigades in  
Northwestern Federal Region**

Problems of students' brigades development are considered, their influence on improving the situation in the youth environment is assessed, measures on the movement coordination in the country are set forth, experience of organizing headquarters of students' construction brigades in the Northwestern Federal region of the Russian Federation is generalized.

---



## ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

**СТАХИЕВ ЮРИЙ МИХАЙЛОВИЧ**  
(к 70-летию со дня рождения)

19 февраля 2004 г. исполнилось 70 лет заведующему лабораторией ЦНИИМОД, доктору технических наук, профессору, чл.-корреспонденту РАЕН, лауреату премии Ломоносовского фонда Стахиеву Юрию Михайловичу.

Ю.М. Стахиев – крупный ученый в области лесопиления и совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента, талантливый изобретатель и опытный организатор. Им создана известная научная школа, его аспиранты успешно защищают кандидатские диссертации.

Основные результаты исследований Ю.М. Стахиева опубликованы в более чем 300 научных работах, включая 2 монографии и около 70 изобретений. Он успешно выступает с докладами на международных конференциях в Финляндии, Канаде, США, Франции, Японии, Словакии, публикует свои статьи в зарубежных изданиях.

На протяжении многих лет Юрий Михайлович – активный автор «Лесного журнала».

Деятельность Ю.М. Стахиева отмечена орденом Дружбы народов, медалями и почетными знаками. Его биография включена в издаваемый с 1898 г. международный сборник «Кто есть кто в науке и технике, 2003 г.».

От имени учеников, товарищей по работе, редакции «Лесного журнала» сердечно поздравляем Ю.М. Стахиева с юбилеем, желаем крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

**Коллеги, ученики, друзья***Colleagues, progeny, friends*  
**Yury M. Stakhiev (to 70<sup>th</sup> birthday)**

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»  
в 2003 г.**

**Онегин В.И.** Лесному образованию и науке – 200 лет. № 2-3-1.

**Санаев В.Г.** Крупнейшему учебно-научно-производственному лесному комплексу России – 60 лет. № 5-7.

**ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

**Афонин А.А.** Изменчивость побегов ивы белой. № 2-3-15.

**Власов Р.В.** Факторы заселения стволовыми насекомыми деревьев ели и сосны при прореживании насаждений химическим способом. № 1-16.

**Гаврилова О.И., Кищенко И.Т.** Влияние минеральных удобрений на рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах южной Карелии. № 6-7.

**Жежкун А.Н.** Повреждение березовых насаждений навалами снега. № 5-36.

**Зыков С.П.** Метод ранней диагностики интенсивности роста и засухоустойчивости листовых древесных растений. № 6 -24.

**Ильчуков С.В.** Динамика горизонтальной структуры производных листовых насаждений. № 6-29.

**Кондаков С.Ю.** Оптимальные сроки проведения профилактических опрыскиваний в лесных питомниках. № 4-30.

**Кондаков С.Ю., Шиков Л.С.** Организация и проведение надзора за раком-серянкой в сосновых насаждениях. № 1-25.

**Курбанов Э.А.** Углерод в продуктах из древесины Республики Марий Эл. № 6-16.

**Максименко А.П.** Пригодность почв восточного Приазовья для лесоразведения. № 4-19.

**Минин Н.С.** Динамика роста лучших деревьев в сосняках искусственного происхождения под влиянием рубок ухода. № 4-25.

**Мясищев Д.Г.** Определение динамических характеристик двигателя МП-5 «Урал» в составе мотоблока. № 1-29.

**Наквасина Е.Н.** Закономерности географической изменчивости сосны обыкновенной в опытах на Европейском Севере России. № 4-14.

**Невидомов А.М.** Проблема экологии пойменных лесов Волжского бассейна как важнейшая составная часть в решении общей экологической проблемы Волги. № 5-26.

**Неволин О.А., Третьяков С.В., Еремина О.О.** Биологическое и хозяйственное значение сопутствующих пород в сосняках Европейского Севера России. № 1-7.

**Полещук О.М., Фролова В.А.** Рейтинговые оценки состояния городских насаждений на основе методов теории нечетких множеств. № 2-3-7.

**Сурсо М.В.** Структура урожаев семян лиственницы в зависимости от условий опыления. № 2-3-19.

**Цай Ю.Т.** Методика исследований опасных факторов лесного пожара. № 1-33.

**Цветков В.Ф., Сурина Е.А.** Запасы углерода в лесах Архангельской области. № 5-17.

**Чибисов Г.А., Нефедова А.И.** Экологическая эффективность рубок ухода за лесом. № 5-11.

**Чупров Н.П.** Динамика лесного фонда Архангельской области за 48 лет. № 4-7.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Буторин Н.Н.** Транспортная сеть для освоения лесного массива. № 6-40.
- Войтко П.Ф., Фадеев А.С.** Математические модели формирования лесных грузов гравитационными торцевыравнителями. № 4-56.
- Жуков А.В., Лой В.Н., Хайновский В.В., Зенькевич Д.А.** Оценка динамической нагруженности новой колесной трелевочной машины МТЗ. № 1-39.
- Краснов А.М.** Об использовании мелкозернистого песчаного бетона в строительстве сборных покрытий автомобильных дорог. № 4-48.
- Мазуркин П.М., Бедертдинов Э.Н., Перов П.А.** Оценка и прогноз качества лесной территории. № 4-33.
- Миляев А.С.** Напряженное состояние берегового откоса, нагруженного реакцией анкерной опоры. № 5-49.
- Морозов В.С., Морозов Г.С.** Расчет осадок сооружений на основании из мерзлого торфа. № 1-47.
- Овчинников М.М., Шварц Д.М.** О прочности лесосплавных пучков. № 5-44.
- Смирнов М.Ю.** Формирование состава лесовозного автопоезда. № 5-61.
- Фадеев А.Н.** Затраты на перебазировку лесозаготовительной техники. № 6-35.
- Шестаков Я.И., Багаутдинов И.Н.** Исследование состояния зубьев опорно-поворотного круга валочно-пакетирующей машины ЛП-19В. № 1-53.
- Шиловский В.Н.** Математическая модель оптимизации объемов поставок и распределения запасных частей между территориально разобобщенными потребителями. № 4-42.
- Ширнин Ю.А., Онучин Е.М.** Имитационное моделирование движения многооперационной лесной машины. № 4-65.
- Штоллманн В.** Вклад в конструирование лесопромышленных роботов. № 1-56.
- Штоллманн В.** Навигация лесопромышленных роботов. № 5-57.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА  
ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Бирман А.Р.** Производство облицовочных деревянных покрытий в условиях лесопромышленных складов. № 2-3-39.
- Боярский М.В.** О выявлении и исключении аномальных результатов наблюдений в процессах деревообработки. № 1-66.
- Варфоломеев Ю.А., Амбросевич М.А.** Метод экспертных оценок для выбора антисептика. № 5-68.
- Варфоломеев Ю.А., Баданина Л.А.** Расчет проницаемости древесины защитными препаратами при избыточном давлении. № 4-85.
- Демитрова И.П.** Влияние климатических и биологических факторов на радиальный прирост ели. № 1-71.
- Иванкин И.И.** К вопросу о начальном изгибе ленточной пилы в зоне резания. № 5-79.
- Иванкин И.И.** Расчет деталей и узлов с учетом рассеяния значений их параметров при использовании системы имитационного моделирования GPSS. № 6-53.
- Иванов Д.В.** Использование различного бревнопильного оборудования для производства пиломатериалов на малых предприятиях. № 5-86.
- Калитеевский Р.Е., Корнеев В.В.** Особенности сушки пиломатериалов, выпиленных из различных зон бревна. № 2-3-34.
- Копейкин А.М., Сергеева Е.Б., Серых Е.В.** Исследование технологических характеристик лесопильной установки 2ЦДБ-60. № 5-82.

- Костюкевич В.М.** Логистический подход при анализе работы лесоперерабатывающего предприятия. № 5-75.
- Лобанова И.С., Лобанов Н.В.** Влияние условий опирания ленточных и рамных пил на их начальную жесткость. № 1-77.
- Лобанов Н.В., Прокофьев Г.Ф., Лобанова И.С.** Жесткость ленточных пил с учетом отжимных направляющих. № 6-62.
- Малыгин В.И., Перфильев П.В., Худяков М.П.** Параметрическое автоматизированное проектирование (на примере изделий мебельного производства). № 1-86.
- Мельгунов С.В., Лапкаев А.Г.** Пожароопасность деревообрабатывающих предприятий Красноярского края. № 4-77.
- Онегин В.И., Цой Ю.И.** Формирование покрытий модифицированными водно-дисперсионными лакокрасочными материалами на изделиях из древесины. № 4-68.
- Покровская Е.Н., Котенева И.В.** Изучение древесины памятников деревянного зодчества. № 2-3-23.
- Прокофьев Г.Ф., Лобанова И.С.** Влияние вальцевания полосовых пил на жесткость их поперечного сечения. № 4-72.
- Пчелин В.И., Газизуллин А.Х., Патрикеев Е.И.** Влияние типа лесорастительных условий на качество древесины сосны обыкновенной в насаждениях Среднего Поволжья. № 1-62.
- Стрельцов Д.Ю., Тарасов М.А.** Влияние трещин на напряженное состояние деревянных балок. № 2-3-27.
- Сультсон С.М., Харук Е.В., Ковригин Г.С.** Строение древесины сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в Восточной Сибири. № 4-81.
- Суровцева Л.С., Иванов Д.В.** Дополнительные ресурсы древесного сы-

рья для целлюлозно-бумажного производства. № 6-57.

- Турушев В.Г., Варфоломеева Е.Ю.** Улучшение условий труда при защитной обработке древесины на малых предприятиях. № 6-45.

#### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Боголицын К.Г., Косяков Д.С., Шкаев А.Н., Почтовалова А.С.** Высокоэффективная жидкостная хроматография фенольных компонентов сточных вод ЦБП. № 4-116.
- Гермер Э.И.** Химизм делигнификации при органосольвентных варках. № 4-99.
- Дьякова Е.В., Комаров В.И., Гурьев А.В., Елькин В.П., Горшков В.И., Каунихин Н.А.** Разработка и внедрение технологии варки полуфабриката для тарного картона. № 2-3-53.
- Ефанов М.В., Галочкин А.И.** Нитрование древесины осины при механохимической обработке. № 3-111.
- Зорин Б.Я., Демченко Е.А., Тришин В.М., Киприанов А.И.** Исследование химического состава фенольной фракции копильного препарата методом хромато-масс-спектрометрии. № 2-3-106.
- Казиков Я.В., Комаров В.И.** К вопросу о растрескивании наружного слоя картона-лайнера при рилевке и фальцовке гофрокартона. № 2-3-94.
- Карманов А.П., Боголицын К.Г., Кочнева Л.С., Кузьмин Д.В., Беляев В.Ю.** Исследование физико-химических свойств лигнинов из древесины сосны и акации. № 5-93.
- Коньшин В.В., Беушев А.А., Шабалин В.Г., Чемерис Н.А., Чемерис М.М.** Исследование реакции ацилирования лигноцеллюлозных материалов смесью карбоновой кислоты – тионилхлорид – трифторуксусная кислота. № 4-92.

- Королева Т.А., Севастьянова Ю.В., Холмова М.А., Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Комаров В.И.** Повышение эффективности использования пероксида водорода и диоксида хлора при отбелке лиственной сульфатной целлюлозы. № 2-3-61.
- Миронов П.В., Алаудинова Е.В., Шимова Ю.С., Репях С.М.** Физико-химические свойства криозащитных белков меристем зимующих почек ели и пихты. №6-75.
- Мутовина М.Г., Бондарева Т.А., Кирсанов В.А., Самсонов Н.Е., Орехов Б.В.** Внедрение новой технологии варки на сульфитцеллюлозных заводах России расширяет сырьевую базу, повышает эффективность и улучшает экологию отрасли. № 2-3-45.
- Печурин Т.Б., Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Комаров В.И.** Влияние добавок диспергантов на изменение состояния смолы и содержание экстрактивных веществ в лиственной сульфатной целлюлозе. № 2-3-67.
- Покусаева Е.А., Новожилов Е.В.** Влияние различных факторов на десульфитацию сульфитного щелока в процессе перещелачивания. № 4-108.
- Самылова О.А., Айзенштадт А.М., Боголицын К.Г., Косяков Д.С., Горбова Н.С.** Кислотно-основные свойства лигнина Бьеркмана. № 6-95.
- Смирнов А.П., Пазухина Г.А.** Сравнительная оценка качества древесины высокопродуктивных сосняков на осушенных торфяных почвах. № 1-111.
- Сысоева Н.В., Гурьев А.В., Комаров В.И.** Технологическое регулирование жесткости картона-лайнера в размольно-подготовительном отделе. № 2-3-81.
- Федоров А.В., Деркачева О.Ю., Сухов Д.А.** К вопросу оценки степени делигнификации целлюлозы в процессе ее отбелки. № 2-3-75.
- Фирсов А.И.** Токсикологические свойства лесохимических продуктов. № 1-107.
- Фирсов А.И.** Использование древесных отходов при очистке лесохимических стоков. № 2-3-115.
- Хабаров Ю.Г., Онохина Н.А., Гусак Л.В.** Получение железолигносульфонатных комплексов при обработке лигносульфоновых кислот железом в присутствии азотной кислоты. № 5-111.
- Хакимова Ф.Х., Ермаков С.Г.** Разработка технологии комплексной утилизации отходов окорки древесины (часть 2). № 1-94.
- Хакимова Ф.Х., Носкова О.А.** Использование древесной целлюлозы повышенного выхода в качестве сырья для получения порошковой целлюлозы. № 1-101.
- Челпанова Е.А., Чухчин Д.Г., Казаков Я.В., Комаров В.И., Соколов О.М.** Совершенствование метода определения адгезионных свойств клевого шва целлюлозно-бумажных материалов. № 2-3-100.
- Чуркина Ю.В., Соколов О.М., Васильев М.Н., Чухчин Д.Г.** Исследование воздействия низкоэнтальпийной электронно-пучковой плазмы на торф. № 5-103.
- Чухчин Д.Г., Величко Т.А., Герасимова Л.В., Манахова С.В., Соколов О.М.** Влияние обработки ускоренными электронами на молекулярную массу и химический состав технических лигнинов. № 6-82.
- Шорина Н.В., Косяков Д.С., Боголицын К.Г.** Особенности потенциометрического измерения рН в водно-ацетоновой среде. № 6-89.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА

**Байметова О.О., Пластинин А.В.** О выборе норматива рентабельности при установлении цен на технологическую щепу. № 1-120.

**Бутко Г.П.** Система обеспечения конкурентоспособности организаций лесопромышленного комплекса. № 2-3-146.

**Воронин А.В.** Многоэтапные задачи планирования и управления материальными потоками в вертикально-интегрированных структурах лесопромышленного комплекса. № 2-3-123.

**Грязнов С.Е., Кузминых Ю.В., Керквлит Д.** Экономическая оценка увеличения запасов углерода в лесных экосистемах. № 5-117.

**Кузнецов В.А.** Планирование погрузки готовой продукции целлюлозно-бумажного комбината в транспортные средства. № 2-3-133.

**Мерцалова Г.В.** Лес и лесные отношения как объекты государственной регистрации прав. № 1-124.

**Романов Е.С.** Отраслевые структуры промышленности в Северном регионе. № 2-3-141.

**Романов Е.С.** Институциональные факторы и средства сохранения и развития предприятий лесозаготовительной отрасли. № 6-104.

**Харитонов А.Ю., Пластинин А.В.** Применение метода реальных опционов для оценки стоимости бизнеса лесопромышленных предприятий. № 4-123.

**Шутов И.В.** Реформы в управлении лесным хозяйством России. № 2-3-152.

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ

**Герасимов Ю.Ю., Давыдков Г.А., Кильпеляйнен С.А., Соколов А.П., Сюнев В.С.** Перспективы применения новых информационных технологий в лесном комплексе. № 5-122.

**Гурьев А.Т., Деменков М.Е.** Интеграция информационных процессов жизненного цикла изделий лесного машиностроения с использованием PLM-систем. № 6-125.

**Питухин Е.А.** Исследование математической модели верхнего уровня при производстве целлюлозы. № 5-129.

**Рогов А.А.** Моделирование функционирования восстанавливаемых систем (бумагоделательная машина). № 6-117.

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА  
ПРЕПОДАВАНИЯ

**Буторина Т.С., Ширшов Е.В.** Опыт создания информационной базы педагогического исследования. № 1-134.

**Ефремов А.А., Соколов О.М., Варфоломеев Ю.А.** Организация на территории Архангельской области первого Всероссийского студенческого строительного отряда. № 6-135.

**Королев П.А., Варфоломеев Ю.А., Кичев В.В., Чернега В.Ю., Лавров А.И.** Создание в Архангельске штаба студенческих отрядов Северо-Западного федерального округа РФ. № 6-140.

**Молнар Я.Ф.** Как на производстве найти покупателя образовательных услуг? № 1-128.

**Молнар Я.Ф.** Индивидуальный план как инструмент системы мотивации и аттестации профессорско-преподавательского состава. № 2-3-167.

**Романов Е.С.** Институциональная экономика: от теории к практике. № 4-140.

**Соколов О.М., Невзоров А.Л., Варфоломеев Ю.А., Федотов А.Н.** Формирование в Архангельском государственном техническом университете строительных династий и научных школ. № 4-130.

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

**Бирман А.Р.** Технология поточного производства щитового паркета с декоративным лицевым покрытием. № 1-139.

**Голяков А.Д.** К исследованию плотности древесины сосны. № 1-137.

**Голяков А.Д., Лисицына О.А.** Исследование конструкционных свойств сосновых пиломатериалов. № 2-3-184.

**Лисиенко В.Г., Мехренцев А.В., Ширнин Ю.А.** Энергетический анализ технологических процессов лесозаготовки. № 2-3-177.

**Мелехов В.И., Волков А.В.** Повышение качества сушки пиломатериалов в лесосушильных камерах периодического действия. № 2-3-173.

**Романов Е.С., Головизнина О.А.** Основные средства, фонды, основной капитал: вопросы терминологии. № 2-3-188.

**Секисов Ф.Г., Смердов О.В.** О возможности сушки пропитанной древесины в поле газового разряда. № 1-142.

#### ИСТОРИЯ НАУКИ

**Наумова Л.Н., Грачев И.А.** Памяти Александра Васильевича Грачева (к 90-летию со дня рождения). № 2-3-191.

**Чернов Н.Н.** К 170-летию лесного образования на Урале. № 1-146.

**Ярунов А.С., Петрик В.В.** Из истории развития подсосочки леса. № 5-138.

#### КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

**Питухин А.В.** Читательская конференция «Лесного журнала» в Карелии. № 4-148.

**Уголев Б.Н.** Брянская сессия и семинар Координационного совета по лесоведению. № 2-3-194.

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

**Бабич Н.А.** Книга уральских лесоводов. № 2-3-196.

**Бабич Н.А., Семенов Б.А.** История лесного хозяйства России. № 5-145.

**Наквасина Е.Н.** Интересная книга. № 2-3-200.

**Редько Г.И.** О новых книгах профессора М.Д. Мерзленко. № 2-3-199.

**Чибисов Г.А.** Новая книга о притундровом лесоводстве. № 2-3-197.

**Чупров Н.П.** Лесоустройство. № 5-146.

#### ЮБИЛЕИ

**Коллеги, ученики, друзья.** Стахийев Юрий Михайлович (к 70-летию со дня рождения). № 6-146.

**Петухов Н.В., Невидомов А.М., Хлюстов В.К., Бондарев В.Я., Шишов В.В., Наумов С.А., Довбня Н.Н.** Ветерану лесозаготовки, лесоводу-экологу Владимиру Васильевичу Сидоренко – 75 лет. № 2-3-205.

**Попов В.К., Курьянов В.К.** Владиславу Сергеевичу Петровскому – 70 лет. № 2-3-203.

**Торопов В.В., Годовалов Г.А., Кряжевских Н.А.** Сергей Вениаминович Залесов (к 50-летию со дня рождения). № 5-148.

НЕКРОЛОГИ

Довбня Н.Н., Наумов С.А., Хлюстов  
В.К., Бондарев В.Я., Невидомов  
А.М., Короткий В.П., Киров И.А.,  
Коротков Н.Г., Половкович В.Я.,

Нефедов А.А., Смирнов В.П.,  
Радбиль Б.А. Памяти Анатолия  
Михайловича Кирова. № 2-3-208.

Коллектив ЦНИЛХИ. Памяти Петра  
Павловича Полякова. № 2-3-210.