

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

1

2006

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. **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. Мозолева**, **В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **Г.С. Ощепков**, проф. **А.В. Питухин**, 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» № 1

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

---

Сдан в набор 21.02.2006. Подписан в печать 20.04.2006. Заказ № 37  
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,35. Усл. кр.-отт. 14,35.  
Уч.-изд. л. 17,27. Тираж 1000 экз.  
Архангельский государственный технический университет

---

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел./факс: (818-2) 27 37 18,  
e-mail: forest@agtu.ru http://lesnoizhurnal.agtu.ru

---

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



## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ректорат Архангельского государственного технического университета, редколлегия и редакция «Лесного журнала». Юбилей Олега Михайловича Соколова.....</i>	7
<b>ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО</b>	
<i>З.Я. Нагимов, О.В. Суставова. Особенности формирования надземной фитомассы деревьев в искусственных сосняках степного Зауралья.....</i>	9
<i>Л.И. Аткина, Н.И. Стародубцева. Живой напочвенный покров в различных типах земель Джабык-Карагайского бора.....</i>	14
<i>С.А. Шавнин, И.А. Юсупов, Е.П. Артемьева, Д.Ю. Голиков. Влияние повышения температуры среды на формирование наземной растительности вблизи газового факела.....</i>	21
<i>Н.М. Шебалова, С.В. Залесов. Микромицеты лесных почв сосновых насаждений, произрастающих в зонах техногенного загрязнения.....</i>	28
<i>Р.Р. Султанова. Особенности формирования липняков нектарного лесопользования.....</i>	33
<i>О.В. Толкач. Депонирование поллютантов почвами пригородных лесов на Среднем Урале.....</i>	40
<i>Е.А. Зотеева, А.П. Петров, А.В. Капралов. Лесные сообщества природного парка «Самаровский чугас».....</i>	45
<b>ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ</b>	
<i>И.Н. Кручинин. Математическая модель для расчета параметров ходовой части лесотранспортных машин.....</i>	52
<b>МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ</b>	
<i>В.К. Пашков, С.В. Щепочкин. К оценке тепловых потоков и средних температур зуба круглой пилы.....</i>	58
<i>В.Г. Уласовец. Предельный охват поставом сегментов и боковых брусьев.....</i>	62
<i>В.Г. Уласовец. Раскрой боковых брусьев на обрезные пиломатериалы.....</i>	66
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ</b>	
<i>А.В. Вураско, Ю.В. Романова. Свойства целлюлозных волокон при совместной варке хвойных и лиственных пород.....</i>	70
<i>А.В. Вураско, Ю.В. Романова. Исследование эффективности действия антрахинона при натронной варке смешанных пород древесины.....</i>	78
<i>М.А. Агеев, Н.Л. Медяник, А.Я. Агеев. Влияние химикатов на эффективность флотационного облагораживания макулатуры.....</i>	83
<i>Н.В. Куцубина, С.Н. Удинцева. Математическое моделирование процессов намотки рулонов бумаги на продольно-резательных станках.....</i>	89
<b>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</b>	
<i>А.Г. Магасумова, М.Г. Ежова. Экономическое обоснование различных способов рубок обновления.....</i>	95

---

<i>С.И. Булдаков, М.Г. Ежова.</i> Оценка экономического ущерба окружающей природной среде в зоне автозаправочных станций.....	100
<i>О.В. Потапович.</i> Формирование отчетности лесхозов в современных условиях.....	104
<i>КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</i>	
<i>М.П. Воронов, В.П. Часовских.</i> Создание информационных систем управления лесопромышленным предприятием.....	112
<i>М.П. Воронов, В.П. Часовских.</i> Моделирование и мониторинг производственно-сбытовых программ.....	119
<i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i>	
<i>А.Ю. Вдовин, С.С. Рублева.</i> О динамическом алгоритме нахождения производной функции.....	128
<i>В.Г. Лисиенко, Т.С. Кириллова, Д.Н. Богословский.</i> Оценка энергоемкости основных производств целлюлозно-бумажной промышленности.....	132
<i>М.Н. Гамрекели.</i> Предельные значения производительности установок распылительной сушки.....	138
<i>ИСТОРИЯ НАУКИ</i>	
<i>С.В. Залесов.</i> Факиль Валиуллович Аглиуллин (к 70-летию со дня рождения).....	145
<i>Н.Н. Чернов, А.Ф. Кузнецов, К.И. Малеев.</i> Юбилейные торжества.....	146
<i>ЮБИЛЕИ</i>	
<i>В.Н. Старжинский, В.В. Глухих, С.В. Залесов, В.А. Азаренок, В.А. Игнатьев, А.Д. Лебедев, Ю.А. Серов.</i> Николай Алексеевич Луганский.....	148

---





## CONTENTS

*Administration of Arkhangelsk State Technical University, Editorial Board and Editorial Staff of «Lesnoj Zhurnal». Jubilee of Oleg Mikhajlovich Sokolov.....* 7

## FORESTRY

<i>Z.Ya. Nagimov, O.V. Sustavova. Formation Peculiarities of Tree Top Phytomass in Artificial Pine Forests of Steppe Zauralye.....</i>	9
<i>L.I. Atkina, N.I. Starodubtseva. Living Ground Cover in Different Ground Types of Dzhabyk-Karagay Pinery.....</i>	14
<i>S.A. Shavnin, I. A. Yusupov, E. P. Artemjeva, D. Yu. Golikov. Influence of Environment Temperature Rise on Formation of Ground Vegetation near Smoke Jet.....</i>	21
<i>N.M. Shebalova, S.V. Zalesov. Micromycets of Forest Soils in Pine Stands Growing in Technogenic Pollution Zone.....</i>	28
<i>R.R. Sultanova. Peculiarities of Lime-tree Forests Formation of Nectar Forest Management.....</i>	33
<i>O.V. Tolkach. Pollutants Deposition by Suburban Forest Soils in the Middle Ural... </i>	40
<i>E.A. Zoteeva, A.P. Petrov, A. V. Kapralov. Forest Community of Natural Park “Samarovsky Chugas”.....</i>	45

## WOODEXPLOITATION

<i>I.N. Kruchinin. Mathematical Model for Calculation of Undercarriage Parameters of Forest Machines.....</i>	52
---	----

## MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>V.K. Pashkov, S. V. Shchepochkin. To Assessment of Heat Flows and Average Temperatures of Circular Saw Tooth.....</i>	58
<i>V.G. Ulasovets. Limiting Coverage by Supply Schedule of Segments and Stile Edges.....</i>	62
<i>V.G. Ulasovets. Sawing of Stile Edges into Edged Sawn Timber.....</i>	66

## CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>A.V. Vurasko, Yu.V. Romanova. Characteristics of Pulp Fibers in Joint Cooking of Softwood and Hardwood.....</i>	70
<i>A.V. Vurasko, Yu.V. Romanova. Study of Anthraquinone Efficiency at Alkaline Process of Mixed Wood Species.....</i>	78
<i>M.A. Ageev, N.L. Medyanik, A.Ya. Ageev. Influence of Chemicals on Efficiency of Flotation Wastepaper Recovery.....</i>	83
<i>N.V. Kutsubina, S. N. Udintseva. Mathematical Simulation of Paper Rolling Processes on Slitting Machines.....</i>	89

## ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>A.G. Magasumova, M. G. Ezhova. Feasibility Study on Different Regeneration Cutting Methods.....</i>	95
--	----

---

---

<i>S.I. Buldakov, M.G. Ezhova.</i> Assessment of Economic Damage to Environment in Filling Stations Zone.....	100
<i>O.V. Potapovich.</i> Formation of Forestry Units Accounting in Modern Conditions....	104
<i>COMPUTERIZATION OF TRAINING AND TECHNOLOGICAL PROCESSES</i>	
<i>M.P. Voronov, V.P. Chasovskikh.</i> Creation of Information Management Systems for Forest Industry Enterprise.....	112
<i>M.P. Voronov, V.P. Chasovskikh.</i> Simulation and Monitoring of Production-and-Sales Programmes.....	119
<i>SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING</i>	
<i>A.Yu. Vdovin, S. S. Rubleva.</i> On Dynamic Algorithm of Derived Function Determination.....	128
<i>V.G. Lisienko, T. S. Kirillova, D. N. Bogoslovsky.</i> Power-consuming Capacity Evaluation of Basic Manufactures of Pulp-and-paper Industry.....	132
<i>M.N. Gamrekely.</i> Productivity Limiting Values of Spray Drying Units.....	138
<i>HISTORY OF SCIENCE</i>	
<i>S.V. Zalesov.</i> Fakil Valiullovič Agliullin (to 70 <sup>th</sup> Birthday).....	145
<i>N.N. Chernov, A.F. Kuznetsov, K.I. Maleev.</i> Jubilee Celebrations.....	146
<i>JUBILEES</i>	
<i>V.N. Starzhinsky, V. V. Glukhikh, S. V. Zalesov, V. A. Azarenok, V. A. Ignatjev, A.D. Lebedev, Yu.A. Serov.</i> Nikolay Alekseevich Lugansky.....	148

---

---

УДК 06.091

**ЮБИЛЕЙ ОЛЕГА МИХАЙЛОВИЧА СОКОЛОВА**

3 апреля 2006 года исполнилось 70 лет со дня рождения Олега Михайловича Соколова, главного редактора «ИВУЗ. Лесного журнала», ректора Архангельского государственного технического университета, заслуженного деятеля науки РФ, доктора химических наук, профессора, почетного работника высшего профессионального образования РФ, действительного члена Международной академии наук, Российской инженерной академии, Российской академии естественных наук, Академии проблем качества РФ, член-корреспондента Международной инженерной академии, почетного доктора Университета г. Оулу (Финляндия), почетного профессора Университета прикладных наук г. Эмдена (ФРГ).

Олег Михайлович родился в 1936 г. в г. Ленинграде. В 1960 г. с отличием окончил Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности и был направлен на работу на Архангельский ЦБК в качестве инженера-исследователя. Исследовательский талант О.М. Соколова был замечен, и в 1962 г. его пригласили в аспирантуру АЛТИ (ныне АГТУ). С этого момента профессиональная деятельность Олега Михайловича неразрывно связана с этим вузом, где он прошел все ступени роста от аспиранта до проректора по вечернему и заочному обучению, проректора по учебной работе, а с 1987 г. ректора.

О.М. Соколов известен как видный ученый в области химической технологии древесины, создатель крупной научной школы. Он подготовил 19 кандидатов и докторов наук, руководит разделами Федеральной научно-

целевой программы и региональных программ, является членом двух диссертационных советов. Глубокие знания, авторитет в научных кругах и широкая эрудиция позволили О.М. Соколову возглавить в 1993 г. редакционную коллегию «Лесного журнала». Талантливый менеджер, он сумел в трудные годы перехода к рыночной экономике не только сохранить журнал, но и придать ему новый облик, расширить тематику с учетом новых направлений науки. Во многом благодаря заслугам главного редактора по решению ВАК Министерства образования РФ в 2003 г. «Лесной журнал» включен в перечень периодических изданий, в которых рекомендуется публиковать основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук. Широкую поддержку нашла инициатива главного редактора по выпуску тематических номеров журнала, посвященных важнейшим проблемам лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса, юбилеям лесных вузов России.

Наследник давних традиций, «Лесной журнал» остается авторитетным научным изданием. В составе редколлегии ведущие ученые – представители всех российских вузов лесного профиля, а также имеющих лесные факультеты, ближнего и дальнего зарубежья. Редакционный портфель журнала всегда полон. География статей обширна и включает практически все лесные регионы. Авторский коллектив журнала в значительной мере представлен именами маститых ученых. Столь же солиден и круг рецензентов. И в этом немалая заслуга главного редактора.

Коллектив АГТУ, редакционная коллегия, редакция сердечно поздравляют Олега Михайловича с замечательным юбилеем и желают здоровья, творческих удач, дальнейшей плодотворной деятельности на посту главного редактора «Лесного журнала».

**Ректорат Архангельского государственного технического университета, редколлегия и редакция «Лесного журнала»**

*Administration of Arkhangelsk State Technical University, Editorial Board and Editorial Staff of «Lesnoj Zhurnal»*

**Jubilee of Oleg Mikhajlovich Sokolov**

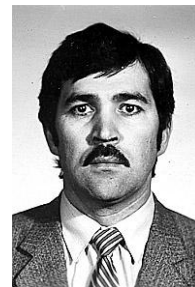
---



УДК 630\*531:519

**З.Я. Нагимов, О.В. Суставова**

Нагимов Зуфар Ягфарович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 120 научных работ по вопросам закономерностей роста и формирования надземной фитомассы древостоев.



### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ В ИСКУССТВЕННЫХ СОСНЯКАХ СТЕПНОГО ЗАУРАЛЬЯ**

Изучена связь между фракциями надземной фитомассы деревьев и их таксационными показателями. Разработаны уравнения зависимости различных фракций фитомассы от возраста, диаметра и высоты деревьев. Выявлены особенности формирования надземной фитомассы деревьев в искусственных сосняках степного Зауралья.

*Ключевые слова:* надземная фитомасса, закономерности роста и формирования деревьев, степное Зауралье, искусственные сосняки.

Леса степного Зауралья в основном представлены островными борами и березовыми колками, и их экологические, защитные и социальные функции трудно переоценить. В последние годы в силу сложившихся лесорастительных условий и низкой эффективности осуществляемых лесохозяйственных мероприятий в островных борах наблюдается массовое усыхание древостоев, особенно искусственно созданных. Эффективность лесохозяйственного производства зависит от степени изученности эколого-ценотических закономерностей роста лесных насаждений, которые наиболее полно могут быть раскрыты только на основе знаний о всей фитомассе деревьев и древостоев.

Объектом наших исследований явились сосновые древостои искусственного происхождения Джабык-Карагайского бора в двух наиболее распространенных типах леса – разнотравно-луговом и злаково-разнотравном степном. Экспериментальным материалом послужили 15 пробных площадей в насаждениях 13 ... 64 лет, с относительной полнотой 0,8 и выше. На них взято 111 модельных деревьев, у которых кроме общепринятых таксационных показателей определяли надземную фитомассу по фракциям: древесине и коре стволов, древесине и коре ветвей, хвое, генеративным органам и от-

мершим ветвям. Массу стволов, крон, охвоенной части ветвей (древесной зелени), генеративных органов и отмерших ветвей находили непосредственным взвешиванием, а массу хвои – по навескам древесной зелени. Для стволов содержание коры и абс. сухого вещества в древесине и коре устанавливали по дискам, взятым на середине двухметровых (метровых) секций, эти же показатели для ветвей – по навескам ветвей средней толщины.

Результаты исследований свидетельствуют, что на формирование надземной фитомассы деревьев влияют различные факторы: условия местопроизрастания, густота древостоев, индивидуальные особенности деревьев и т. д. Совокупное влияние этих факторов на количественные и качественные показатели фракций фитомассы целесообразно оценивать на основе уравнений множественной регрессии. Успех многомерного анализа в значительной степени зависит от правильного выбора и логического обоснования независимых переменных. Поэтому на первом этапе нами проведена работа по выявлению наиболее информативных показателей при оценке важнейших фракций надземной фитомассы деревьев. Для этого по данным 111 модельных деревьев изучали связи между фракциями фитомассы и традиционными таксационными показателями. Результаты корреляционного анализа для краткости изложения приводятся только по трем основным фракциям надземной фитомассы деревьев в свежесрубленном состоянии (табл. 1).

Все приведенные в табл. 1 показатели связи достоверны. Они позволяют выбрать наиболее информативные показатели при оценке фракций фитомассы и уточнить форму связей. Для массы стволов такими показателями

Таблица 1

**Показатели связи между фракциями фитомассы и таксационными показателями деревьев и древостоев**

Таксационный показатель	Коэффициент корреляции ( $r$ ) и корреляционное отношение ( $\eta$ )					
	Стволы		Кроны		Хвоя	
	$r$	$\eta$	$r$	$\eta$	$r$	$\eta$
Диаметр ствола ( $D$ )	0,927	0,979	0,865	0,865	0,867	0,867
Высота ствола ( $H$ )	0,788	0,895	0,581	0,678	0,587	0,660
Объем ствола ( $V$ )	0,995	0,995	0,861	0,919	0,807	0,864
Показатель $D^2H$	0,990	0,990	0,853	0,921	0,786	0,859
Относительная площадь сечения ( $G:H$ )	0,875	0,941	0,938	0,978	0,927	0,949
Диаметр кроны ( $D_{кр}$ )	0,806	0,818	0,905	0,932	0,913	0,924
Возраст дерева ( $A$ )	0,624	0,667	0,379	0,412	0,352	0,395
Длина кроны ( $L_{кр}$ )	0,812	0,864	0,731	0,814	0,711	0,748
Площадь питания дерева ( $S_{пит}$ )	0,856	0,856	0,809	0,830	0,721	0,773
Высота древостоя в 100 лет ( $H_{100}$ )	0,580	0,688	0,386	0,433	0,371	0,398

являются их объем, диаметр и показатель  $D^2H$ , для массы крон и хвои – относительная площадь сечения  $G:H$  и диаметр кроны. Такие результаты вполне объяснимы. В частности, высокая корреляция фитомассы крон с показателем  $G:H$  обусловлена тем, что относительная площадь сечения характеризует положение дерева в древостое, степень его угнетенности. Известно, что наименьшие значения этого показателя присущи отмирающим и сухостойным деревьям.

Выбор наилучших факторов для объяснения изменчивости тех или иных показателей при ориентации только на статистические процедуры (в данном случае на тесноту связей) не всегда оправдан. Суждения о предпочтительности переменных могут лежать вне статистических соображений. Большую роль здесь играют простота и точность измерения показателей, особенно при разработке уравнений и нормативов для массового практического применения [5]. Результаты исследований свидетельствуют о целесообразности совместного использования в уравнениях множественной регрессии в качестве определяющих факторов показателя условий местопроизрастания  $H_{100}$ , возраста, диаметра и высоты деревьев. Это удовлетворяет требованиям более полного учета в моделях, с одной стороны, закономерностей роста и формирования деревьев, а с другой – использования наиболее доступных измерению таксационных показателей. Возраст в таких моделях является основным фактором воздействия на процесс формирования фитомассы, так как при прочих равных условиях размеры стволов и крон изменяются в зависимости от этого показателя. Влияние лесорастительных условий на варьирование фитомассы передается показателем  $H_{100}$ . В древостоях одного возраста и класса бонитета соотношение диаметров и высот позволяет учесть генетические особенности, а также ценотическое положение дерева в пологе и степень его развитости.

Анализ зависимостей массы фракций деревьев от перечисленных показателей показал, что лучшие результаты при оценке массы кроны обеспечивает уравнение вида

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H + a_3 \ln A + a_4 \ln D \ln H. \quad (1)$$

Изменение массы ствола описывается более простым уравнением:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H. \quad (2)$$

При оценке массы и ствола, и кроны показатель  $H_{100}$  оказался незначимым. Это объясняется несущественным варьированием лесорастительных условий изучаемых типов леса. Полученные статистические показатели уравнений (1) и (2) для основных фракций надземной фитомассы деревьев в абс. сухом состоянии приведены в табл. 2.

Анализируя их, видим, что в абсолютном большинстве случаев коэффициенты регрессии значимы на 1 %-м уровне. Значения коэффициентов детерминации и среднеквадратических ошибок свидетельствуют, что стволовая масса оценивается более точно, чем кроновая. В целом приведен-

Таблица 2

**Характеристика уравнений множественной регрессии (1) и (2)**

Фракция фитомассы	Значения коэффициентов (числитель) и критериев Стьюдента (знаменатель) при факторах воздействия					Коэффициент детерминации $R^2$	Среднеквадратическая ошибка $\delta$ , %	Номер уравнения
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$			
Ствол в коре	<u>-3,4978</u> -52,6	<u>1,7348</u> 32,4	<u>1,0220</u> 16,9	-	-	0,991	±17,8	(3)
Древесина ствола	<u>-3,8885</u> -58,9	<u>1,7390</u> 32,7	<u>1,1283</u> 18,8	-	-	0,992	±17,8	(4)
Крона в целом	<u>0,9919</u> 1,9	<u>2,0586</u> 9,2	<u>-1,5793</u> -5,3	<u>-0,8380</u> -4,1	<u>0,4343</u> 6,3	0,952	±31,7	(5)
Ветви в коре	<u>-2,1014</u> -3,5	<u>2,8990</u> 11,4	<u>-1,3059</u> -3,9	<u>-0,4921</u> -2,1	<u>0,2004</u> 2,5	0,950	±36,1	(6)
Древесина ветвей	<u>-2,6609</u> -4,4	<u>2,9309</u> 11,4	<u>-1,2865</u> -3,8	<u>-0,5289</u> -2,2	<u>0,2199</u> 2,7	0,953	±37,3	(7)
Хвоя	<u>2,1667</u> 2,9	<u>1,5284</u> 4,7	<u>-1,1385</u> -2,7	<u>-1,4828</u> -5,0	<u>0,5064</u> 5,0	0,889	±41,4	(8)

ные материалы позволяют считать все разработанные модели (3) – (8) адекватными природным процессам формирования соответствующих фракций фитомассы деревьев сосны. На их основе составлены таблицы, которые дают детальное представление о динамике и структуре надземной фитомассы деревьев. Ввиду громоздкости таблиц ограничимся их анализом.

Выявлено, что масса кроны у деревьев одинакового возраста и диаметра понижается с увеличением их высоты. Это объясняется тем, что при прочих равных условиях деревья одинаковой толщины в густых древостоях выше, чем в редких. У деревьев одинаковых размеров масса всех фракций кроны закономерно уменьшается с возрастом, что можно объяснить возрастным изменением рангового положения дерева. Доля кроны в общей фитомассе дерева в абс. сухом состоянии колеблется в широких пределах: от 5,1 до 50,0 %. При элиминировании соответствующих факторов она закономерно увеличивается с повышением диаметра и снижением высоты и возраста деревьев. При прочих равных условиях охвоенность крон (доля хвои в общей массе кроны) возрастает в связи с увеличением высоты деревьев и уменьшением их диаметра и возраста.

Отмеченные закономерности обусловлены конкурентными взаимоотношениями деревьев, а также различными темпами формирования фитомассы разных фракций, вследствие их неодинаковой роли в продукционном процессе.

Для выявления особенностей формирования надземной фитомассы деревьев в исследуемых культурах наши материалы сопоставлены с аналогичными материалами других исследователей [1, 2, 4, 7], полученными в иных, более благоприятных для произрастания сосны, лесорастительных районах – в подзоне южной тайги и лесостепной зоне.



Сравнительный анализ производили для одинаковых возраста и диаметра деревьев и практически одинаковых значений класса бонитета, среднего возраста и состава насаждений. Между сравниваемыми объектами не обнаружено существенных различий в фитомассе стволов. Небольшие отклонения носят скорее случайный характер. Совершенно другие результаты получены при сравнении фитомассы крон (хвои). При прочих равных условиях фитомасса крон деревьев в исследуемых культурах оказалась значительно больше, чем в естественных сосновых древостоях лесостепной зоны и подзоны южной тайги. Особенно значительны различия в фитомассе хвои. Так, в 20-летних культурах масса хвои деревьев в 2 и более раз больше, чем в естественных древостоях южнотаежной подзоны, разница составляет от 99,2 до 199,1%. С увеличением возраста различия закономерно снижаются. Сравнивая наши данные с опубликованными [6], можно отметить, что масса хвои отдельных деревьев в исследуемых культурах значительно больше, чем в культурах лесостепной зоны европейской части страны.

В целом деревья в исследуемых культурах отличаются существенно большей массой крон (хвои), чем деревья в естественных древостоях лесостепной зоны и подзоны южной тайги. Превосходство по массе хвои значительнее (в 1,5 раза и более), чем по массе ветвей, что свидетельствует о более высокой охвоенности крон в исследуемых культурах. На наш взгляд, такое положение объясняется не только происхождением сравниваемых древостоев, а, в первую очередь, очень низкой для данных условий первоначальной густотой культур (4 ... 6 тыс. экз./га). При такой густоте и достаточно равномерном размещении деревьев по площади они более продолжительное время находятся в изолированном состоянии от своих «соседей», и крона свободно развивается. Различия в размерах деревьев в начальных фазах формирования насаждений стремительно растут в соответствии с ранговым законом [3], поэтому разница в развитии крон между деревьями редких и густых древостоев до определенного возраста увеличивается.

Следствием отмеченных особенностей является наличие на единице площади исследуемых культур огромного количества ассимиляционного аппарата, на 50 ... 60 % больше, чем в культурах других лесорастительных зон. После полного освоения древостоем природного потенциала местообитания в условиях степи неизбежен дисбаланс между накопленной фотосинтезирующей массой и количеством доступной влаги. Это может быть одной из причин наблюдающегося в Джабык-Карагайском бору массового усыхания культур после 50...60 лет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Габеев, В.Н.* Биологическая продуктивность лесов Приобья [Текст] / В.Н. Габеев. – Новосибирск: Наука, 1976. – 171 с.

2. *Луганский, Н.А.* Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале [Текст] / Н.А. Луганский, З.Я. Нагимов // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1994. – 140 с.

3. *Маслаков, Е.А.* Эколого-ценотические факторы возобновления и формирования (организации) насаждений сосны [Текст]: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Е.А. Маслаков. – Свердловск, 1981. – 50 с.

4. *Нагимов, З.Я.* Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / З.Я. Нагимов. – Екатеринбург, 2000. – 40 с.

5. *Никитин, К.Е.* Методы и техника обработки лесоводственной информации [Текст] / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. – М.: Лес. пром-сть, 1978. – 272 с.

6. *Рубцов, В.И.* Биологическая продуктивность сосны в лесостепной зоне [Текст] / В.И. Рубцов, А.И. Новосельцева, В.К. Попов, В.В. Рубцов. – М.: Наука, 1976. – 224 с.

7. *Семечкина, М.Г.* Структура фитомассы сосняков [Текст] / М.Г. Семечкина. – Новосибирск: Наука, 1978. – 165 с.

*Z.Ya. Nagimov, O.V. Sustavova*

### **Formation Peculiarities of Tree Top Phytomass in Artificial Pine Forests of Steppe Zauralye**

Close connection between fractions of top tree phytomass and their inventory parameters is studied. Equations of dependencies of different phytomass fractions on age, diameter and height of trees are developed. Peculiarities of top tree phytomass formation are revealed in the artificial pine forests of steppe Zauralye.

---

УДК 630\*231

*Л.И. Аткина, Н.И. Стародубцева***ЖИВОЙ НАПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ЗЕМЕЛЬ ДЖАБЫК-КАРАГАЙСКОГО БОРА**

Дана характеристика живого напочвенного покрова, приведен обзор видового состава растений, описана сезонная динамика нарастания фитомассы, определено соотношение ее надземной и подземной частей.

*Ключевые слова:* степи, живой напочвенный покров, сезонная динамика, надземная и подземная фитомасса.

Изученная территория относится преимущественно к степной зоне Восточно-Уральского пенеблена [4, 7]. Джабык-Карагайский бор – сложное с геоботанической точки зрения структурное образование, включающее в себя на современной стадии фрагменты лесной, степной и луговой растительности. Из-за частых пожаров и неудачного искусственного лесовосстановления большинство сосновых насаждений находятся в расстроенном состоянии [5] и эдификаторная роль древесного яруса в формировании видового состава живого напочвенного покрова практически почти не проявляется.

Цель нашей работы – изучение основных характеристик живого напочвенного покрова различных типов земель: сосняков приручьевого, зеленомошного, лишайникового, степей ковыльной и чилижной, участков старопашотной земли, зарастающей молодым сосняком (табл. 1). С учетом полученных данных будут уточнены рекомендации по искусственному лесовосстановлению Джабык-Карагайского бора.

При подборе и описании пробных площадей принята типология И.А. Фрейберг [2] для Западно-Сибирского лесостепного березово-колючного лесокультурного района (куда входит Джабык-Карагайский бор), с учетом разработок Е.М. Фильрозе [6].

Таблица 1

**Краткая характеристика пробных площадей**

Число ПП	Древостой		Тип леса	Почва
	Состав	Класс возраста		
3	10С	III–IV	Покрытые лесом земли С. приручьевый	Дерновая гидроморфная бескорбонатная средне-мощная глееватая легко-суглинистая Серая лесная обычная
5	10С	IV	С. зеленомошный	

8	10С	III–IV	С. лишайниковый	маломощная легкосуглинистая Бурая лесная типичная каменисто-галечниковая маломощная легкосуглинистая
3	10С	III–IV	С. злаково-разнотравно-степной	Дерновая автоморфная бескарбонатная мощная глинистая
3	10С	I	Не покрытые лесом земли Старопахотные участки	То же
Степь ковыльная			–	–
« чилижная			–	–
Луг разнотравно-мятликовый			–	–

На исследованных пробных площадях нами определено 80 видов высших растений. Подробная характеристика видового состава приведена ранее [1], здесь дается краткое описание живого напочвенного покрова лесных насаждений. На покрытой лесом площади преобладает сосняк злаково-разнотравно-степной группы типов леса. Для него характерен хорошо развитый травяной покров, более или менее остепненный, проективное покрытие 70 %. Господствуют виды рода вейник (*Calamagrostis*) и ракичник русский (*Cytisus ruthenicus* Fisch.), соответственно проективное покрытие 40 и 30 %. Можно выделить более сухой и более влажный подтипы. В первом подтипе очень много лабазника шестилепестного (*Filipendula hexapetala* Gilib.), во втором — сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.). В этих лесах обычны: костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), клевер люпиновидный (*Trifolium lupinaster* L.), осока корневищная (*Carex rhizina* Blytt.).

Строго говоря, травянистые растения в сосняке лишайниковом не образуют яруса, так как распределены очень неравномерно. В травяном покрове преобладают мятлик степной (*Poa stepposa* (Kry l.) Roshev), лабазник шестилепестный, проективное покрытие около 10 %. Местами образуют небольшие куртины горечавка Долуханова (*Gentiana Doluchanovii*) и тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) – 10 ... 15 %. Все растения находятся в вегетативном состоянии, не цветут и не плодоносят. Проективное покрытие живого напочвенного покрова в целом 30 ... 40 %. Для этого типа леса характерно наличие в живом напочвенном покрове нескольких видов кладонии, располагающихся отдельными куртинами, на выходах горных пород (проективное покрытие 30 ... 35 %). Лишайники и формируют характерный облик живого напочвенного покрова.

В сосняке разнотравно-зеленомошном состав травяного покрова более сложный, но преобладает вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea* Roth. B.), коротконожка перистая (*Brachypodium pinnatum* (L.) P. B.) и орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). Отмечены и степные растения: ковыли перистый (*Stipa pennata* L.), узколистый

(*S. stenophylla* Czern. ex Zaleski), волосатик (*S. capillata* L.) и красивейший (*S. pulcherrima* C. Koch.), типчак (*Festuca sulcata* (Hack.) Nym.), овсецы пустынный (*Helictotrichon desertorum* (Less.) Pilg.) и Шелля (*H. Schellianum* (Hack.) Kitag.). Проективное покрытие травянистых растений не превышает 13 ... 15 %. Из мхов (проективное покрытие 80 %) преобладает плеуроций Шребера (*Pleurozium Shreberi* (Brid) Mitt.).

Видовой состав живого напочвенного покрова сосняка приручьевого (проективное покрытие 100 %) наиболее богатый. В него входят клевер люпиновидный, вика мышиная (*Vicia cracca* L.), чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.) и гороховидная (*L. pisiformis* L.), полынь широколистная (*Artemisia latifolia* Ldb.) и понтийская (*A. pontica* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), лабазник шестилепестный (*Filipendula hexapetala* Gilib.), аконит высокий (*Aconitum excelsum* Rchd.), дельфиниум высокий (*Delphinium elatum* L.) и др.

Не покрытые лесом участки в насаждениях упомянутых типов леса разнообразны по видовому составу живого напочвенного покрова. Проективное покрытие везде около 100 %. Они представляют преимущественно степные ценозы. Для ковыльной степи характерны ковыли: перистый, волосатик и узколистный, типчак, келерия тонкая (*Koeleria gracilis* Pers.), проективное покрытие которых составляет 70 ... 80 %. Формируется богатое степное разнотравье, в состав которого входят чабрец Маршалла (*Thymus Marshallianus* Willd.), многочисленные полыни: сизая (*Artemisia glauca* Pall.), Маршалла (*A. Marshalliana*) и шелковистая (*A. sericea* Web.), подмаренник русский (*Galium ruthenicum* Wild.), катран татарский (*Crambe tataria* Sebeok.), лапчатки щетинистая (*Potentilla strigosa* Pall.), сизоватая (*P. glaucescens* Willd.), распростертая (*P. humifusa* Willd.), покрывающие 10 ... 50 % почвы. Из бобовых наиболее широко представлена люцерна румынская (*Medicago romanica* Prod). В степи чилижной обычными являются заросли чилиги (*Caragana frutex* C. Koch.) с равномерно рассеянными экземплярами степной вишни (*Cerasus fruticosa* Pall.). Общее проективное покрытие 60 ... 70 %. Среди кустарников разрастаются несколько видов девясила: волосистый (*Inula hirta* L.), иволистный (*I. salicina* L.) и германский (*I. germanica* L.).

При сравнении видовых списков (табл. 2) различных типов растительности (коэффициент Жаккара) нами установлено, что резкое отличие отмечается лишь у сосняков приручьевого и лишайникового (0,3). Видовые списки остальных ценозов имеют сходство.

Для изучения фитомассы образцы отбирали в мае – августе 2003 г., в количестве 20 ... 25 площадок размером 0,1 м<sup>2</sup> (под пологом леса) или 0,05 м<sup>2</sup> (в степи). Образцы срезали на уровне почвы, разделяли по агроботаническим группам и видам, высушивали до абс. сухого состояния, взвешивали. В данной работе приведены лишь статистически достоверные данные.

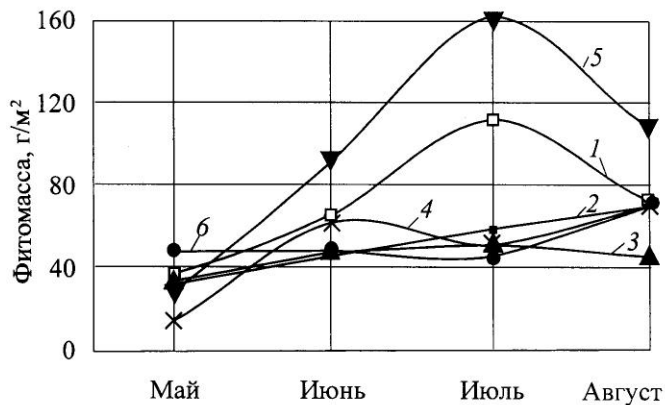
**Коэффициент сходства Жаккара видового состава травяно-кустарничкового яруса в различных типах земель**

Тип растительных сообществ	С. лишайниковый	С. злаково-разнотравно-степной	С. разнотравно-зеленомошный	С. приручьевый	Степь ковыльняная	Степь чилижная
Сосняк лишайниковый	–	0,5	0,7	0,3	0,4	0,5
« злаково-разнотравно-степной	–	–	0,6	0,4	0,5	0,7
« зеленомошный	–	–	–	0,4	0,5	0,6
« приручьевый	–	–	–	–	0,4	0,4
Степь ковыльняная	–	–	–	–	–	0,6
« чилижная	–	–	–	–	–	–

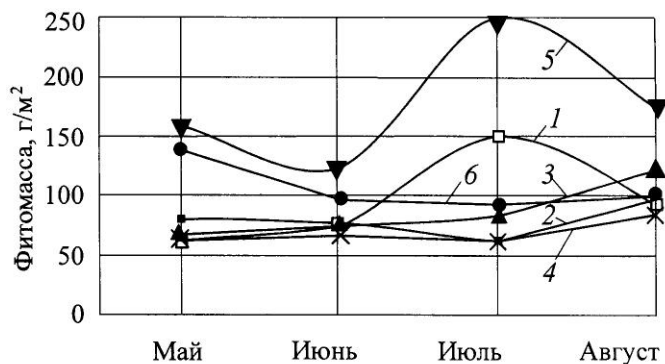
2

Установлено, что наибольшая общая фитомасса в живом напочвенном покрове накапливается в июле в степи ковыльняной ( $750,3 \pm 10,1$  г/м<sup>2</sup>) и в июле на старопахотных землях (до  $400,6 \pm 13,4$  г/м<sup>2</sup>). В остальных типах земель пик накопления приходится на середину июня и составляет от  $200,1 \pm 8,9$  до  $300,5 \pm 10,8$  г/м<sup>2</sup>. Общая фитомасса складывается из двух величин: живой зеленой части, растущей в год измерения, и отмершей, но не выпавшей из травостоя. Данные об общей фитомассе отражены на рис. а.

Динамика нарастания живой части фитомассы практически полностью повторяет ритм нарастания общей фитомассы. Здесь также наблюдаются два пика (рис. б) – июль (степь ковыльняная, старопахотные земли) и июнь (все остальные типы земель). Наибольшая живая фитомасса, как и общая, образуется в степи ковыльняной – до  $509,6 \pm 18,9$  г/м<sup>2</sup>.



а



б

Сезонная динамика накопления зеленой (а) и общей (б) фитомассы живого напочвенного покрова в различных типах земель: 1 – старопашотные земли; 2 – сосняк лишайниковый; 3 – сосняк зеленомошный; 4 – сосняк крупнотравно-приручевый; 5 – степь ковыльная; 6 – степь чилижная

Обращает на себя внимание очень резкий темп нарастания фитомассы. За месяц (июнь – июль) она практически удваивается. Возможно, это связано с погодными условиями 2003 г., отличавшимся необычно большим для данного региона количеством осадков и способностью степных видов быстро реагировать на повышение влажности почвы, что проявляется в массовом пробуждении спящих почек и развитии новых побегов.

В сосняке лишайниковом в динамике нарастания живой фитомассы наблюдается спад от мая к июню и далее к августу. Видимо, это связано с тем, что в сосняках данного типа леса живой напочвенный покров бурно разрастается лишь весной. Основу фитомассы (70 %) в этот период составляют адонис весенний (*Adonis vernalis* L.) и клубника (*Fragaria viridis* Duch.).

В сосняке приручевом отмечается некоторое повышение фитомассы в августе. Это объясняется вторичным пиком вегетации многих растений, слагающих живой напочвенный покров – вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.), лабазник шестилепестный (*Filipendula hexapetala* Gilib.), аконит высокий (*Aconitum excelsum* Rchd.) и др. Первый пик приходится на период цветения, второй возможен, когда активное нарастание вегетативной массы происходит при поступлении достаточного количества влаги.

Интересные данные получены при изучении динамики накопления отмершей части живого напочвенного покрова (ветоши). Именно эта часть фитомассы характеризует пожароопасность территории. Максимум ее наблюдается в степи ковыльной в весенний период – около 250 г/м<sup>2</sup>. Далее идут старопахотные земли и сосняк приручевый, т. е. типы земель, в которых накапливается достаточно много массы в живом напочвенном покрове. К июлю происходит резкое ее уменьшение, связанное с выпадением этих растений из травостоя и последующим частичным разложением в лесной подстилке. Интенсивность отпада также регулируется погодными условиями. Известно, что в сухой период отмершие растения дольше остаются в травостое.

На брошенных, старопахотных землях поверхность почвы быстро зарастает живым напочвенным покровом, формирующим значительную массу. Это негативно сказывается на развитии лесных культур, трава является конкурентом семян древесных пород. Наибольшую опасность в пожарном отношении представляют ковыльные степи, огромный запас сухой травы которых в любой момент может стать источником пожара.

В целом и видовой состав, и ритмы нарастания фитомассы в большей степени определяются условиями увлажнения.

Известно, что значительная фитомасса накапливается также в подземной части растений. Ранее было установлено, что у травянистых растений Джабык-Карагайского бора почти вся корневая система расположена в верхнем 10–15-сантиметровом слое почвы [3]. Для определения подземной фитомассы растений на каждой пробной площади были взяты по 10 образцов. Использован широко известный метод монолитов размерами

Таблица 3

**Подземная фитомасса травянистых и кустарниковых растений на различных типах земель (степь чилижная)**

Тип земли	Общая фитомасса, г/м <sup>2</sup>	Доля корней травянистых растений, %, диаметром, мм		Соотношение надземной и подземной фитомассы
		> 1	< 1	
Старопахотная	221,7 ± 10,3	47	53	1 : 1,5
Сосняк приручевый	56,8 ± 5,5	32	68	1 : 1
«зеленомошный»	47,8 ± 3,8	70	30	1 : 0,8
Степь				



чилижная*	239,4 ± 13,9	12	88	1 : 2,5
« ковыльная	213,3 ± 21,0	79	21	1 : 1

\* Учитывали корни травянистых растений, чилиги и вишни степной.

0,2×0,5×0,1 м. Монолиты затем промывали в системе почвенных сит, корни древесных растений (сосны) отбирали по морфологическим признакам, самые мелкие остатки – с помощью лупы и пинцета. Полученные образцы корней высушивали до абс. сухого состояния и взвешивали. Результаты представлены в табл. 3.

Как видим, наибольшая фитомасса в подземной сфере в слое почвы 0 ... 10 см накапливается на степных участках и старопахотных землях.

Интересная особенность объединяет степь чилижную и сосняк приручьевый – обилие в почве мелких (диаметр < 1 мм) корней. Полагаем, что это реакция растений на условия увлажнения, поскольку мелкие корни – это наиболее активно работающие фракции. В степи чилижной массу тонких корней формируют кустарники чилига и вишня, в сосняке приручьевом – преимущественно злаки.

На территории Джабык-Карагайского бора уже в течение многих лет предпринимаются неудачные попытки создания устойчивых культур сосны на месте бывших лесных земель. Традиционные лесокультурные методики не учитывают такого фактора, как напочвенный покров. По нашим исследованиям, идет активное остепнение территории. Очевидно, что для успешного искусственного восстановления сосняков необходимо разрушать мощный живой напочвенный покров, сформировавшийся на не покрытых лесом землях. Иначе сеянцы сосны не смогут выдержать конкуренции со стороны травянистых и кустарниковых растений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аткина, Л.И.* Характеристика живого напочвенного покрова на землях различных категорий Джабык-Карагайского бора [Текст] / Л.И. Аткина, Н.И. Стародубцева // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – Вып. 24. – С. 24–34.

2. *Данилик, В.Н.* Рекомендации по лесовосстановлению и лесоразведению на Урале [Текст] / В.Н. Данилик, Р.П. Исаева, Г.Г. Терехов [и др.]. – Екатеринбург, 2001. – 116 с.

3. *Залесов, С.В.* Строение корневой системы растений сосны в ювенильном возрасте в условиях Южного Урала [Текст] / С.В. Залесов, Л.И. Аткина, Л.П. Абрамова, Н.А. Луганский // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – Вып. 24. – С. 46–51.

4. *Колесников, Б.П.* Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области [Текст] / Б.П. Колесников // Вопросы восстановления и повышения продуктивности лесов Челябинской области. – Свердловск, 1961. – С. 3–44.

5. *Луганский, Н.А.* Джабык-Карагайский бор: природные условия [Текст] / Н.А. Луганский, Л.П. Абрамова, Л.И. Аткина [и др.] // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – Вып. 24. – С. 4–13.

6. *Фильрозе, Е.М.* Схема генетической классификации типов леса тайги восточного макросклона Южного Урала и северной лесостепи Восточно-Уральского пенеппена [Текст] / Е.М. Фильрозе // Типы и динамика лесов Урала и Зауралья. – Свердловск, 1967. – С. 119–155.

7. *Фильрозе, Е.М.* Особенности процессов лесовозобновления в Джабык-Карагайском бору (Челябинская область) [Текст] / Е.М. Фильрозе // Проблемы восстановления лесов на Урале. – Екатеринбург, 1992. – С. 102–104.

*L.I. Atkina, N.I. Starodubtseva*

### **Living Ground Cover in Different Ground Types of Dzhabyk-Karagay Pinery**

The description of living ground cover is given; the survey of plants species composition is provided; seasonal dynamics of phytomass increase is described; the ratio of its ground and underground parts is determined.

---

УДК 574.4 : 502.3

***С.А. Шавнин, И.А. Юсупов, Е.П. Артемьева, Д.Ю. Голиков***

Шавнин Сергей Александрович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Томский государственный университет, доктор биологических наук, профессор кафедры прикладной физики и биофизики Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 150 печатных работ в области физиологии древесных растений, экологического мониторинга и оценки устойчивости лесных экосистем к действию агропромышленных загрязнений.



Юсупов Ирек Азатович родился в 1964 г., окончил в 1991 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора ООО «Сибирский научно-исследовательский и проектный институт рационального природопользования». Имеет более 40 печатных работ в области оценки состояния лесов и повышения их устойчивости в промышленных районах.



Артемьева Елена Петровна родилась в 1976 г., окончила в 1998 г. Уральский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии конструкционных материалов и химии Уральского государственного университета путей сообщения. Имеет около 20 печатных работ в области ботаники, физиологии и интродукции растений, биохимической коррозии.



Голиков Дмитрий Юрьевич родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Уральский государственный педагогический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры прикладной физики и биофизики Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 20 печатных работ в области экологического мониторинга и оценки устойчивости лесных экосистем к действию антропогенных факторов.

**ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ  
НА ФОРМИРОВАНИЕ НАЗЕМНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ  
ВБЛИЗИ ГАЗОВОГО ФАКЕЛА**

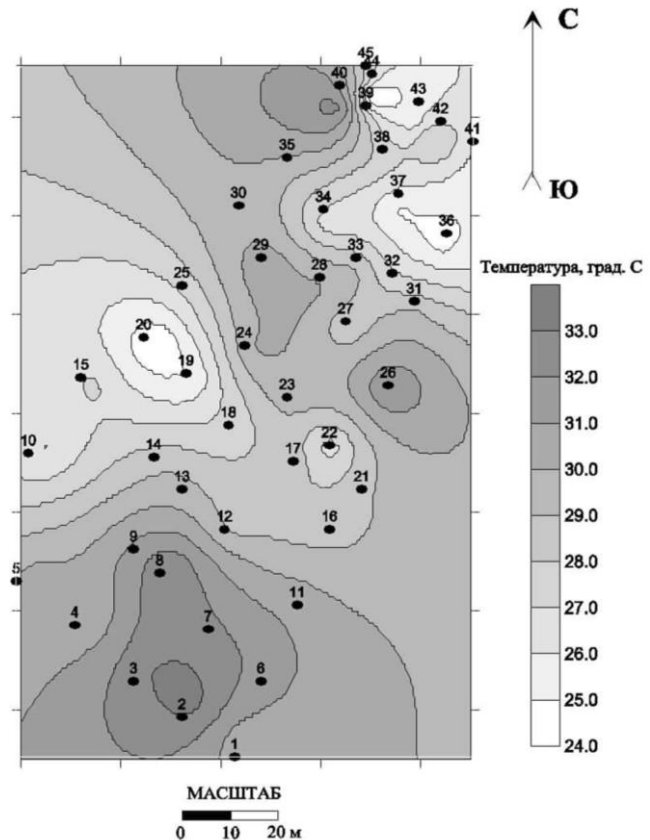
В качестве модели влияния глобального потепления климата на лесные экосистемы изучено изменение растительности в различных зонах теплового поля вокруг газового факела. Установлено, что повышение температуры среды в условиях подзоны северной тайги может приводить к изменению ряда параметров начальных этапов формирования растительного сообщества.

*Ключевые слова:* температура среды, изменение лесной растительности.

Одним из признаков глобальных изменений климата является повышение среднегодовой температуры. До настоящего времени не было серьезных экспериментальных исследований влияния этого повышения на лесные экосистемы, что связано с невозможностью проведения работ в короткие сроки и большими затратами на выполнение подобных исследований в контролируемых условиях климатических камер. Перечисленные препятствия могут быть преодолены при использовании в качестве модельных систем участков леса вокруг факелов, в которых сжигается попутный газ. Исследования химического и теплового загрязнений среды при работе факела в условиях Ханты-Мансийского автономного округа показали, что на удалении до 500 м уровень загрязнения воздуха оксидами азота и серы относительно стабилен [3]. Поэтому фактором, определяющим реакцию растительности на различном удалении от факела, можно считать тепловое излучение.

Цель наших исследований – выявление особенностей изменения растительности в различных зонах теплового поля вокруг факела на основе изучения геоботанических параметров. Объектом исследований служила наземная растительность на постоянной пробной площади (ППП) 17М/00, расположенной на территории Покачевского нефтяного месторождения (ХМАО, Мегионский лесхоз, Покачевское лесничество). ППП расположена в 70 м от газового факела ДНС-4, запущенного в 1991 г. [3]. Предварительно была проведена минерализация почвы путем сгребания деревьев и верхнего почвенного слоя бульдозером, после чего на данном участке началось естественное лесовосстановление. Коренной древостой непосредственно прилегает к границам исследованного участка. ППП была разделена на семь секций, расположенных на разном расстоянии от факела (см. рисунок). Геоботаническое описание растительности включало изучение видового разнообразия, а также обилия, проективного покрытия и средней высоты растений травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов [4, 6, 7]. Систематический статус сосудистых растений приведен согласно

Карта-схема температуры верхнего слоя почвы в середине дня на ППП 17М/00 (июль 2004 г.). Точки 6 – 10, 11 – 15, 16 – 20, 21 – 25, 26 – 30, 31 – 35, 36 – 40 – места измерений температуры на передних границах секций 1 – 7 соответственно. Факел расположен в 70 м к юго-западу от линии точек 6–10



С.К. Черепанову [9]. Для установления общности и различия по флористическому составу использовали индекс Чекановского – Сьеренсена [2, 5]. Тепловое поле факела изучали в июле 2004 г., измеряя температуру воздуха и верхнего слоя почвы в середине дня с помощью портативного электронного термометра (модель 02184, TERMOMETERFABRIKEN VIKING AB ESKILSTUNA, SWEDEN). Датчик температуры помещали на глубине 2 см от поверхности почвы. Измерение проводили в пяти точках, расположенных на границе каждой секции (см. рисунок) в пяти повторностях, а также вдоль линии, отстоящей от передней границы первой секции на 15 м в сторону факела (точки 1–5). Точность измерения  $\pm 0,2$  °С. Тепловую карту местности составляли с использованием пакета SURFER (WIN32) V.6.04. При статистической обработке данных использовали стандартные пакеты компьютерных программ.

Результаты измерений показывают, что с приближением к факелу температура верхнего слоя почвы на ППП увеличивается от 25 ... 26 до 31 ... 32 °С (см. рисунок). Мозаичность температурного поля в центральной части изучаемого участка связана с неоднородностью лесовосстановления. Следует отметить, что если перепад температуры почвы между секциями 1 и 7 составляет 5 ... 6 °С, то температура воздуха вследствие конвекции и

ветра различается существенно меньше (1,0 ... 1,5 °С). Таким образом, на ППП существует градиент температуры, обусловленный влиянием теплового излучения факела.

Коренной тип леса на ППП представляет собой сосняк лишайниковый [3, 8, 10]. Древесный ярус образован сосновыми молодняками (*Pinus sylvestris* L.) естественного происхождения 15–17-летнего возраста. Береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и осина (*Populus tremula* L.) представлены единично. Лесовозобновление началось непосредственно после проведения минерализации. Четко выделяются травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый ярусы. Наличие последнего определяет низкую встречаемость (единично) подростов сосны, березы и осины в возрасте 2-3 года.

Травяно-кустарничковый ярус представлен пятью видами сосудистых растений: доминантом является брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), субдоминантами – черника (*Vaccinium myrtillus* L.), водяника (*Empetrum nigrum* L.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.) и иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.).

Ярус мхов и лишайников представлен мхом (*Polytrichum juniperinum* Hedw.) и восемью видами эпигейных и эпиксильных лишайников. Доминирующим видом в этом ярусе является кладина звездчатая (*Cladina stellaris* (Opiz) Brodo), субдоминантами – кладина оленья (*Cladina rangiferina* (L.) Harm.) и мох.

Анализ отличий растительности разных секций показал, что при приближении к факелу увеличивается видовое разнообразие растений травяно-кустарничкового яруса (см. таблицу). На наиболее близких к факелу секциях 1-2 произрастает иван-чай. Встречаемость вейника и черники со-

ставляет 10 ... 30 %, что выше по сравнению с удаленными от факела секциями. В живом напочвенном покрове при приближении к факелу видовое разнообразие и встречаемость отдельных видов наземных лишайников ниже.

В секции 1 отчетливо выделяются четыре типа растительных ассоциаций:

- 1) вейниково-лишайниково-брусничная (*Vaccinium vitis-idaea* – *Cladina stellaris* + *Cladina rangiferina* + *Calamagrostis epigeios*);
- 2) бруснично-лишайниковая (*Cladina stellaris* + *Cladina rangiferina* – *Vaccinium vitis-idaea*);
- 3) бруснично-лишайниково-политриховая (*Polytrichum juniperinum* + *Cladina stellaris* + *Cladina rangiferina* – *Vaccinium vitis-idaea*);
- 4) водянико-политриховая (*Polytrichum juniperinum* – *Empetrum nigrum*).

Эти ассоциации разделены участками почвы без какой-либо растительности. На следующих секциях идет плавное взаимопроникновение или слияние всех ассоциаций, образующих единую бруснично-лишайниковую ассоциацию (*Cladina stellaris* + *Cladina rangiferina* – *Vaccinium vitis-idaea*), в разных частях которой доминируют отдельные виды.

Сравнение флористического состава семи секций с помощью коэффициента Чекановского – Сьеренсена показало, что между секциями существенных различий не наблюдается (индекс изменялся от 0,57 до 1,00).

При изучении средней высоты растений травяно-кустарничкового яруса обнаружены достоверные отличия по высоте между растениями доминирующего вида – брусники на секциях 1–3 и 4–6 ( $p < 0,05$ ). Наибольшей высоты они достигают на секциях, расположенных ближе к факелу (см. таблицу), что, видимо, связано с благоприятным влиянием повышенной температуры среды.

Согласно данным таблицы, по мере приближения к факелу мощность (средняя высота) лишайникового покрова уменьшается, а мохового – увеличивается ( $p < 0,05$ ), что может быть вызвано влиянием гидротермических факторов. Более высокая температура способствует ускорению сроков начала вегетации мхов за счет раннего схода снежного покрова. Благодаря этому на начальном этапе формирования растительности после минерализации почвы мхи оказались более конкурентоспособными по сравнению с лишайниками на секциях 1–3. На удаленных от факела секциях комплекс условий среды соответствует естественному фону и обеспечивает доминирование лишайников в живом напочвенном покрове. Известны многочисленные факты конкуренции между мхами и лишайниками, приводящей к вытеснению одних видов другими. При этом направление сукцессии зависит от возможных изменений внешней среды [1, 11].

Обилие отдельных видов брусники относительно постоянно на всех исследованных секциях – особой вида много, проективное покрытие невелико (сор<sub>3</sub> по Друде или 1 балл по Браун-Бланке). Наибольшее количество экземпляров вейника, водяники и черники встречается либо на первых секциях, либо на самых отдаленных от факела, что может быть связано с более качественной расчисткой крайних секций на этапе минерализации. Особи этих видов встречаются в небольшом количестве, рассеянно и имеют малое проективное покрытие (сп. по Друде или + по Браун-Бланке).

Проективное покрытие растений травяно-кустарничкового яруса первых трех секций, а также секции 7 составляет более 20 % (см. таблицу). Сравнение проективного покрытия доминирующего вида брусники показало, что отличие по данному признаку растений на секциях 1–3 и 4–6 достоверно ( $p < 0,05$ ). Наземная часть растений брусники, произрастающих вблизи факела, более развита, чем на последних секциях. Аналогичная закономерность отмечена у мха. Проективное покрытие лишайников при приближении к факелу уменьшается.

Таким образом, на примере изученного объекта установлено, что повышение температуры среды в условиях подзоны северной тайги может приводить к изменению ряда параметров начальных этапов формирования растительного сообщества. К наиболее важным из них относятся: распад единого бруснично-лишайникового покрова на отдельные растительные ассоциации; увеличение высоты и проективного покрытия брусники – доми-



нанта травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова; уменьшение мощности и проективного покрытия лишайников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бязров, Л.Г.* Лишайники в экологическом мониторинге [Текст] / Л.Г. Бязров. – М.: Науч. мир, 2002. – 336 с.
2. География и мониторинг биоразнообразия [Текст] / Н.В. Лебедева, Д.А. Кривошук, Ю.Г. Пузаченко [и др.]. – М.: Изд-во НУЦ, 2002. – 432 с.
3. Деградация и демутиация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи [Текст] / С.В. Залесов, Н.А. Кряжевских, Н.Я. Крупинин [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2001. – Вып. 1. – 436 с.
4. Краткое руководство для геоботанических исследований [Текст] / отв. ред. В.Н. Сукачев, Е.М. Лавренко, И.В. Ларин. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 192 с.
5. *Песенко, Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях [Текст] / Ю.А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
6. *Раменский, Л.Г.* Проблемы и методы изучения растительного покрова [Текст] / Л.Г. Раменский. – Л.: Наука, 1971. – 334 с.
7. *Рябкова, К.А.* Определитель распространенных лишайников Урала [Текст] / К.А. Рябкова. – Екатеринбург: Изд-во УГПУ, 1994. – 81 с.
8. *Смолоногов, Е.П.* Комплексное районирование лесов Тюменской области [Текст] / Е.П. Смолоногов, А.М. Вегерин. – Свердловск: Изд-во УНЦ АН СССР, 1980. – 88 с.
9. *Черепанов, С.К.* Сосудистые растения СССР [Текст] / С.К. Черепанов. – Л.: Наука, 1981. – 510 с.
10. *Шиманюк, А.П.* Сосновые леса Сибири и Дальнего Востока (лесоводственная характеристика) [Текст] / А.П. Шиманюк. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 187 с.
11. *Barkman, J.J.* Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes [Text] / J.J. Barkman. – Assen: van Gorcum, 1958. – 628 p.

*S.A. Shavnin, I.A. Yusupov, E.P. Artemjeva, D.Yu. Golikov*

#### **Influence of Environment Temperature Rise on Formation of Ground Vegetation near Smoke Jet**

Vegetation change in different thermal field zones round smoke jet has been studied as the model of global climate warming influence on forest ecosystems. It has been established that the environment temperature rise within northern taiga subzone may result in change of a number of initial parameters of phytocenosis formation.

УДК 630\*18+504.33

***Н.М. Шебалова, С.В. Залесов***

Шебалова Надежда Михайловна родилась в 1948 г., окончила в 1973 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии древесины Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 83 печатные работы по вопросам влияния аэротехногенного загрязнения на компоненты лесных экосистем.



Залесов Сергей Вениаминович родился в 1953 г., окончил в 1981 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе Уральского государственного лесотехнического университета, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 250 печатных работ по проблеме повышения продуктивности лесов Урала и Западной Сибири лесоводственными способами.



### **МИКРОМИЦЕТЫ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗОНАХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Установлено, что длительное аэротехногенное воздействие промышленных поллютантов на лесные почвы приводит к интенсификации процессов спорообразования в лесной подстилке, особенно в ферментативном горизонте.

*Ключевые слова:* лесная подстилка, почва, сосновые насаждения, микромицеты, биомасса, споры, мицелий.

При характеристике лесорастительных условий очень сложно использовать широко применяемые понятия ПДК. Это связано с разнообразием источников и объектов техногенного загрязнения, а также форм соединений, возникающих при взаимодействии токсикантов с компонентами почвы. Информация, полученная с помощью биологических объектов, предполагает оценку влияния всего комплекса загрязняющих веществ на лесорастительные условия исследуемых сосновых насаждений, а не действие отдельных веществ, что существенно повышает надежность определения экологической ситуации в целом.

Исследовались лесные почвы сосновых насаждений, произрастающих в зоне действия Полевского криолитового завода (ПКЗ) и зоне сильного загрязнения Первоуральско-Ревдинского промышленного узла (ПРПУ). Выбор лесных территорий был обоснован тем, что в зоне действия ПКЗ приоритетными являются фтористые соединения, а токсический эффект промышленных выбросов ПРПУ заключается в комплексном воздействии тяжелых металлов и сернистого ангидрида. Почвенные условия исследуе-

мых сосняков достаточно близки, в обоих районах преобладают серые лесные среднеподзолненные почвы, на которых удовлетворительно растут деревья как хвойных, так и мягколиственных пород. Лесная подстилка дифференцируется только на два горизонта: O1, представленный свежеспавшей хвоей, листьями, злаками, и ферментативно-гумусовый (O2–O3), где происходят основные процессы разложения растительного опада и гумификации.

Для выделения микроскопических почвенных грибов мы использовали методы посева на питательные среды и накопления (выделение микроорганизмов осуществляется непосредственно с опавших листьев, хвои, шишек, т. е. с субстратов, на которых они развиваются). Количественное определение биомассы спор и мицелия выполняли методом прямого микрокопирования [2, 4].

Концентрация органических веществ, необходимых для питания почвенной микрофлоры, в лесной подстилке значительно выше, чем в других почвенных горизонтах. Но опад сосновых насаждений доступен далеко не всем микроорганизмам. Это связано не только с содержанием в хвое большого количества труднорастворимых веществ (гемицеллюлозы, крахмал, клетчатка), но и с неспособностью микробной системы лесных почв потреблять нерастворимые полимерные соединения до тех пор, пока они не будут разложены до растворимых мономеров. Следовательно, в каждом горизонте лесной подстилки должна присутствовать микрофлора, трансформирующая эти труднорастворимые соединения. Первыми деструкторами сложных соединений, попадающих в почву в составе растительных остатков, могут выступать лишь те микроорганизмы, которые обладают гидролитическими ферментами. В аэробной зоне это микромицеты и некоторые грамположительные бактерии, в том числе актиномицеты.

Крахмал расщепляется до глюкозы ферментом, синтезируемым мукоровыми грибами, аспергиллами и почвенными дрожжами; гемицеллюлозы разлагаются разными почвенными микроорганизмами: гифомицетами, бактериями, актиномицетами; целлюлоза – только микроорганизмами, животные и растения не обладают такой способностью; клетчатка лесной почвы, входящая в состав мертвой древесины, – грибами. Характерной особенностью разложения целлюлозы микромицетами является выделение ими в среду целлюлазных ферментов. Целлюлазы бактерий являются контактными ферментами, связанными, очевидно, с клеточной поверхностью, и выделение этих ферментов из микроорганизмов представляет определенные трудности [1, 3].

Грибы имеют высокую степень контакта со средой, поскольку их мицелиальное строение обеспечивает большое отношение гиф к их объему. Линейная скорость роста грибного мицелия (50 ... 1000 мкм/ч) на 1-2 порядка выше, чем у бактерий (1 ... 10 мкм/ч), поэтому он может эффективнее колонизировать поступающий в почву органический опад. В короткие сроки микромицеты заселяют обширные пространства и накапливают обилие пропативных структур. Высокая активность метаболизма проявляется у них в широком интервале действия различных экологических факторов: темпера-

туры, влажности, кислотности среды. Они способны длительно пребывать в состоянии анабиоза и переходить к активной жизнедеятельности при благоприятных условиях.

Анализ данных микробиологических исследований показал, что при всех перечисленных достоинствах микромицетов их доля в микробоценозах очень мала. Количество «сахаролитических» грибов, которые, наряду с бактериями, используют для своей жизнедеятельности низкомолекулярные органические соединения типа простых углеводов, сравнительно невысоко и колеблется в пределах 0,2 ... 2,0 % от общего количества изученных микроорганизмов. При наличии подходящего субстрата происходит быстрый рост их мицелия и активное прорастание спор и покоящихся клеток. Очевидно, в создавшихся условиях бактериальная микрофлора способна быстрее потреблять легкодоступный органический азот и легко мобилизуемые углеводные соединения и не остается питательных веществ для роста и развития других микроорганизмов.

Численность целлюлозоразрушающих грибов в зоне сильного загрязнения ПКЗ в верхнем горизонте лесной подстилки колеблется в пределах 8,6 ... 9,5, в ферментативном горизонте повышается до 17,5 ... 24,7, в почвенном горизонте содержится от 3,4 до 4,2 тыс. колоний на 1 г углерода. По мере удаления от ПКЗ численность целлюлозоразрушающих грибов в исследуемых генетических горизонтах несколько возрастает и в верхнем горизонте подстилки зоны слабого загрязнения составляет 15,8 ... 17,3 тыс. колоний. В верхнем горизонте лесной подстилки в зоне сильного загрязнения ПРПУ целлюлозоразрушающая микрофлора отсутствует, а в нижележащих горизонтах содержится всего лишь 2,1 ... 2,9 тыс. колоний. Для объективной оценки роли микромицетов как деструкторов растительного опада необходимо знать их количество в каждой конкретной почве. Однако нельзя

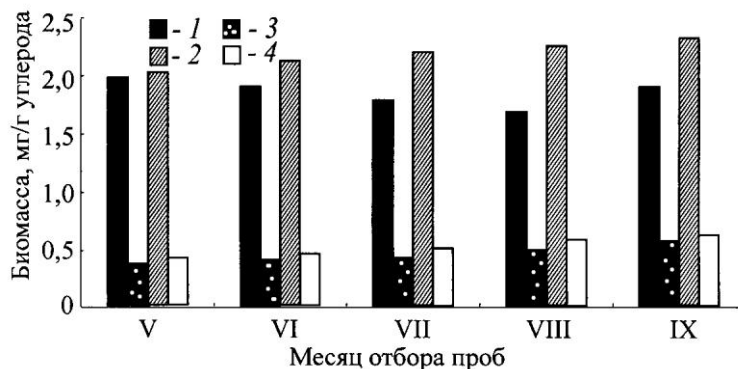


Рис. 1. Сезонная динамика биомассы спор (1, 2) и мицелия (3, 4) в горизонтах лесной подстилки зоны сильного загрязнения ПКЗ: 1, 3 – верхний слой; 2, 4 – ферментативный слой

произвести оценку только по числу колоний, выросших в чашках Петри с питательной средой, поскольку большинство микроорганизмов гетерогенно

как в таксономическом, так и физиологическом отношении. Кроме того, для огромной группы деструкторов растительного опада нет единой универсальной среды выращивания, и не все почвенные грибы вырастают на питательных синтетических средах. Поэтому для более точной и объективной оценки количества микромицетов в лесной почве мы определяли количество спор, длину мицелия, биомассу спор и мицелия.

Наблюдения за сезонной динамикой показали, что каждый исследуемый горизонт лесных почв характеризуется конкретным уровнем биомассы спор и мицелия (рис. 1, 2). Наиболее интенсивно процесс спорообразования протекает в горизонтах лесной подстилки, особенно в ферментативном. В горизонте 02 – 03 происходит постепенное увеличение количества спор от весны к осени. В верхнем горизонте подстилки процесс протекает иначе: к июлю – августу количество спор постепенно уменьшается и вновь возрастает осенью. Особенно ярко это выражено в зонах сильного загрязнения токсикантами, т. е. вблизи источника загрязнения.

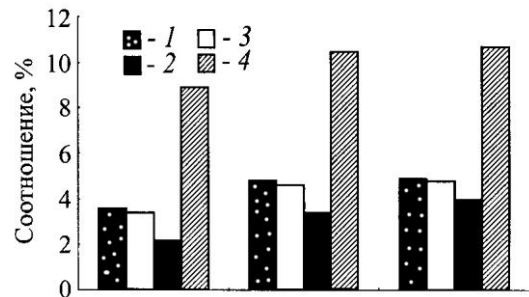


Рис. 2. Соотношение биомассы спор и мицелия в подстилке (I – верхний, II – ферментативный горизонт) и верхнем почвенном горизонте (III): 1, 2, 3 – ПКЗ, зоны сильного, слабого и среднего загрязнения; 4 – ПРПУ, зона сильного загрязнения

Выявленные закономерности, вероятно, обусловлены совокупностью многих факторов, действующих в исследуемых экосистемах. Это содержание питательных веществ, количество на-

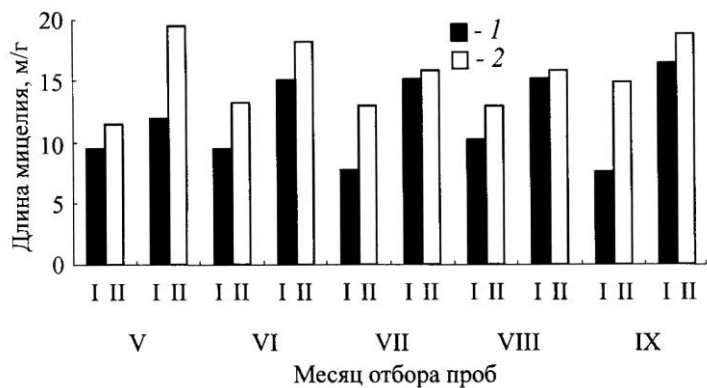


Рис. 3. Влияние концентрации фторидов на длину мицелия: I – верхний, II – ферментативный горизонт; 1 – зона сильного, 2 – слабого загрязнения

копленных в горизонтах токсических веществ, влажность, температура, рН среды обитания и т. д. Осеннее увеличение количества спор в верхнем горизонте лесной подстилки, очевидно, связано с наличием их на листьях, хвое, травянистой растительности и поступлением в опад на лесную почву. Высокое содержание спор в горизонтах лесной подстилки сохранялось в течение всего периода исследований.

Наибольшее количество мицелия отмечено в горизонтах лесной подстилки, особенно в ферментативном горизонте (рис. 3). Общая длина мицелия невысока и в горизонтах лесной подстилки даже в зоне слабого загрязнения ПКЗ достигает лишь десятков и даже единиц метров. По мере приближения к постоянному источнику загрязнения длина гифов микромицетов незначительно снижается.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в горизонтах лесной подстилки содержится достаточное количество микромицетов, но они находятся в состоянии покоя в виде спор, поскольку нет условий для роста вегетативного мицелия, несмотря на избыток субстрата в виде мощной подстилки и неразложившегося органического вещества. Общая длина мицелия микроскопических грибов невысока и даже в зоне слабого загрязнения ПКЗ не превышает 20 м. По литературным же данным, его длина в почвах лесных биогеоценозов должна измеряться сотнями метров, что, очевидно, связано с кумулятивным характером повреждения токсикантами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Имшенецкий, А.А.* Микробиология целлюлозы [Текст] / А.А. Имшенецкий. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 483 с.
2. *Мирчинк, Т.Г.* Почвенная микология [Текст] / Т.Г. Мирчинк. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 220 с.
3. *Наплекова, Н.Н.* Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной Сибири [Текст] / Н.Н. Наплекова. – Новосибирск: Наука, 1974. – 249 с.
4. *Сэги, И.* Методы почвенной микробиологии [Текст] / И. Сэги. – М.: Наука, 1983. – 292 с.

*N.M. Shebalova, S.V. Zalesov*

#### **Micromycets of Forest Soils in Pine Stands Growing in Technogenic Pollution Zone**

It is found out that long-term impact of industrial pollutants present in atmosphere result in intensification of spore formation in forest layer, especially in enzymatic horizon.

---

УДК 630\*24:633.527.7

***Р.Р. Султанова***

Султанова Рида Разябовна родилась в 1967 г., окончила в 1989 г. Башкирский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Башкирского государственного аграрного университета. Имеет 37 печатных работ в области формирования липняков целевого использования и повышения их древесной и нектарной продуктивности.



## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИПНЯКОВ НЕКТАРНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Экспериментальными исследованиями выявлены элементы рубок в нектарных насаждениях липы мелколистной, которые положены в основу формирования непрерывно продуцирующих липняков.

*Ключевые слова:* липа нектарная, нектаропродуктивность, мелколесосечная рубка, возобновление, пневая поросль, рубки ухода.

Башкортостан занимает первое место в России по распространению липовых лесов. Они представлены на 21,5 % площади лесного фонда республики и являются поставщиком не только ценной древесины, но и продуктов пчеловодства. Медоносные ресурсы липы составляют 77,4 % всех медовых запасов, доля агроценотических ресурсов не превышает 10 %. До сих пор ведение хозяйства в липняках преследовало, главным образом, цель сохранения их как кормовой базы пчеловодческой отрасли. Выделение нектаропродуктивных липняков в хозяйственную категорию «липа нектарная»,

запрет на проведение в них сплошных рубок и повышение возраста рубок до 81 ... 90 лет привели к накоплению значительных запасов спелых и перестойных насаждений (39,7 % площади липняков), а в ряде случаев и к их распаду. Необходимость своевременной замены спелых и перестойных древостоев молодым поколением леса для обеспечения непрерывности в нектарном лесопользовании совершенно очевидна, а разработка методов ведения хозяйства в липняках с учетом их полифункциональности остается первоочередной задачей.

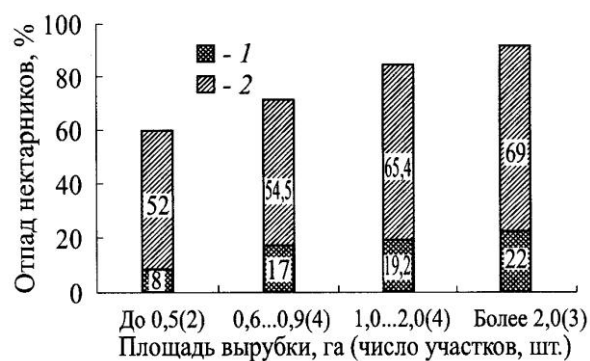
Начиная с конца 1970-х гг., сначала в опытном порядке, а с 1994 г., после утверждения «Правил рубок главного пользования в липняках в зоне стационарных пасек» [4], на производстве проводятся мелколесосечные рубки главного пользования (по методу Мурахтанова). Ширина лесосек 50, 100, 150 м, длина не более 1000 м, оставляемые 50, 75, 100 деревьев липы на 1 га должны служить источником нектара до тех пор, пока через 20 ... 25 лет не вступит в фазу цветения пневая поросль. По истечении этого срока оставленные деревья вырубает.

Исследована эффективность 12 вариантов сплошных мелколесосечных рубок, проведенных с 1979 г. по 1983 г. в Учебно-опытном лесхозе на

площади от 0,5 до 3,0 га. Опытнo-производственные проверки участков в первое десятилетие показали, что хотя у оставленных на вырубке деревьев липы цветков в 1,4 раза больше, чем в не тронутom рубкой древостое, их нектаропродуктивность в 1,6 раза ниже, что связано с уменьшением в 1,6–2,2 раза содержания сахаров [3]. Неблагоприятные погодные условия во время цветения липы (высокая температура, низкая относительная влажность воздуха, равная 50 ... 60 %, пониженное содержание влаги в почве) привели к сокращению нектаровыделения в большей мере в условиях вырубки.

В одном из вариантов проведены мероприятия по содействию естественному возобновлению: вырубка подлесочного яруса, подростa вяза, ильма, минерализация почвы. Однако ни оставленные семенники, ни меры содействия не обеспечили семенного возобновления липы во всех вариантах рубок. Порослевое возобновление липы также малочисленно: в составе производного леса она занимает от двух до четырех единиц. Только на участке, где вырублен подрост второстепенных пород, увеличилась доля порослевой липы до шести единиц в составе молодого поколения леса. В снытьевом типе леса по сравнению с крапивно-таволговым, где доминирует вяз шершавый, доля липы выше. В настоящее время все опытные участки заросли лещиной, оставленные нектарники перестали функционировать. Если в первое пятилетие после рубки произошло усыхание 18 % деревьев, во второе – 6 %, слом вершины – у 26 % деревьев, то сейчас на каждой вырубке из 100 оставленных семенников сохранилось по 8 ... 20 деревьев со сломанными и усыхающими вершинами (рис.1). Большее количество нектарников сохранилось на участках меньшей площади (до 2 га). Усыхание липы или слом ее вершин наблюдаются и в прилегающих к вырубкам стенам леса глубиной до 10 ... 15 м, где древостой не затронут рубками.

Рис. 1. Интенсивность отпада нектароносных деревьев липы в зависимости от площади вырубок: 1 – первое; 2 – второе десятилетие



С учетом предельного возраста и возможности распада липняков применение этих рубок в нектарной секции можно считать оправданным, поскольку их лесоводственная цель – омоложение леса, обеспечение лесовозобновления, предотвращение перерывов в нектарном пользовании. Низкая результативность рубок объясняется рядом причин технологического характера.



К ним можно отнести отсутствие в «Правилах рубок...» [4] лесоводственных требований, способствующих формированию подроста предварительной генерации и последующего порослевого возобновления липы на вырубленных участках; изначально высокий возраст материнского древостоя (85 ... 88 лет) и связанный с ним затянувшийся срок примыкания лесосек, установленный правилами рубок (20 ... 25 лет); площадь лесосек более 2 га.

Исследования начальных этапов формирования фитоценозов после сплошной мелколесосечной рубки проведены на вырубке насаждения 6Лп2Б1В1Ос, возраста 75 лет. За 3-летний период протяженность крон у оставленных 60 деревьев липы увеличилась на  $0,30 \pm 0,01$  м, диаметр крон на  $0,11 \pm 0,04$  м. Нектаропродуктивность их в первый год равнялась  $2,10 \pm 0,06$  мг/цветок (на контрольном участке, не тронутом рубкой,  $1,80 \pm 0,03$ ). К третьей вегетации выпали наиболее типичные для липняков растения травяного яруса: сныть обыкновенная, копытень европейский, звездчатка жестколистная, чина лесная, будра плющевидная и др. Увеличилось количество медоносов: иван-чая (кипрея) узколистного до 80 шт. на  $10 \text{ м}^2$ , ветреницы лесной, ясенника пахучего, в подлеске – лещины до 500 шт./га, которые поддерживают взятку в весенне-летний период. Изменился состав подроста за счет появления пневой поросли липы: 4Лп3Ос2Б1В, густота липы мелколистной – 12 тыс. шт./га. При своевременном уходе может сформироваться полноценный нектароносный древостой, однако по нектаропродуктивности он будет отставать от вырубленного материнского древостоя более чем на один десяток лет из-за слабого развития подроста предварительной генерации.

Семенной подрост липы под пологом леса и на вырубках по всему региону встречается крайне редко. Главная причина, по мнению Н.И. Мушинской [2], заключается в массовой гибели семян до прорастания из-за глубокого физиологического покоя, для прерывания которого требуется их длительное пребывание в почве при благоприятной температуре и влажности. Другие причины – неустойчивость липы в стадии проростка и формирования всхода к фузариозу, массовая гибель сеянцев в первый вегетационный период от иссушения верхнего слоя почвы, поедания мышами и при перезимовке.

В возрастном отношении под пологом леса у липы неполночленен даже вегетативный подрост, густота которого от 0,4 до 4,5 тыс. шт./га определяется полнотой материнского древостоя ( $r = -0,90$ ):

$$y = 174,38p^2 - 328,64p + 161,34,$$

где  $y$  – густота подроста, тыс. шт./га;

$p$  – полнота древостоя.

По наличию возобновления среди приспевающих, спелых и перестойных насаждений липы последнее место занимает снытьевокостяничниковый тип леса, у которого только на 57 % площади имеется подрост. В снытьевом липняке подрост различных пород представлен на 98 % площади, в том числе 36 % занято подростом хозяйственно-ценных

пород, однако только 5 % по количественному и качественному состоянию могут обеспечить восстановление лесов этими породами. У липы, в отличие от остальных древесных видов, максимально развита способность к размножению пневой порослью, которая определяется сезоном рубки. Экспериментальные исследования показали низкую эффективность возобновления на лесосеках летних рубок, они покрыты плотным пологом малины и лещины. Поросль из спящих (превентивных) почек образуется на пнях только весной после зимней рубки деревьев и до осени успевает одревеснеть (до 71 порослевинны на пень). Однако на восьмой год на лесосеке без лесоводственного вмешательства в результате естественного отпада липы и доминирования второстепенных пород сохранилось лишь 6 % возобновления.

Экспериментальные исследования, выполненные в производственных условиях, позволили выявить ряд особенностей рубок в насаждениях липы, которые положены в основу модели формирования нектарных высокопродуктивных липняков. Поскольку максимальная нектаропродуктивность липы отмечается в 75 ... 80 лет, после чего постепенно падает, первый этап ухода целесообразно проводить в древостоях 55 ... 60 лет (за 10 ... 15 лет до рубки главного пользования), когда резко сокращается прирост годичной продукции. К этому возрасту рост деревьев в высоту практически прекращается. Основными носителями фитомассы и годичной продукции являются деревья крупнее средней ступени толщины, у которых начинают разрастаться кроны [1]. В первый прием они не вырубаются. Этот прием следует проводить с достаточно высокой интенсивностью, с образованием окон от 0,02 до 0,1 га, особенно в высокополнотных насаждениях, поскольку своевременное изреживание одновозрастных древостоев ведет к резкому увеличению прироста на оставшейся части.

Подтверждением этому служит опыт, заложенный в Учебно-опытном лесхозе, где в 65-летнем липняке полнотой 0,71 проведена рубка интенсивностью 30 % (100 м<sup>3</sup>/га), дополнительно вырублен подрост и подлесок. За пять последующих лет увеличение запаса стволовой древесины составило 29,7 м<sup>3</sup>/га, в два раза выше прироста на контрольной секции. В окнах предварительного возобновления в чистых высокополнотных снытьевых липняках, на участках зимней рубки липняков II класса бонитета густота пневой поросли составила 36,6 тыс. экз./га, что свидетельствует о возможности устойчивого существования липы в древесных сообществах, нарушаемых рубками. Если возобновление отсутствует, одним из мероприятий содействия семенному возобновлению липы является посев стратифицированных семян в весенний период или посадка 2–3-летних сеянцев под полог леса. Крупномерный посадочный материал 5–8-летнего возраста эффективен лишь при низкой полноте древесного полога или посадке его в окна, образованные проходными рубками.

В смешанных липняках результат влияния проходной рубки интенсивностью от 15 до 40 % на нектаропродуктивность липы в разнотравных типах леса (насаждение 7Лп2Е1В+Б, ед. Ос, возраст 55 лет, полнота 1,0) различен. В первый год увеличилось число обильноцветущих деревьев и

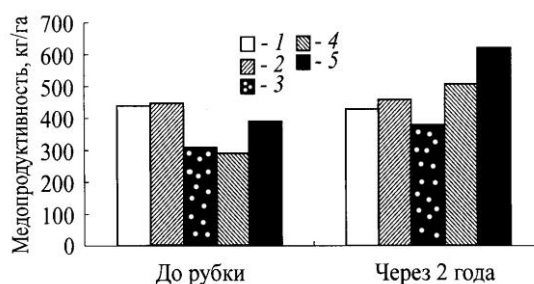
наблюдалось максимальное выделение нектара –  $2,30 \pm 0,19$  мг/цветок у деревьев первой и четвертой секций, где интенсивность рубки наибольшая (30 ... 40 %). На второй год нектаропродуктивность этих деревьев снизилась до  $1,62 \pm 0,31$  мг/цветок. Интенсивность рубок 15 ... 20 % на нектарную продуктивность цветков значимого влияния не оказала (см. таблицу, рис. 2). Однако цель проведения проходной рубки заключалась как в повышении нектаропродуцирования функционирующих липняков, так и в формировании предварительного возобновления липы под пологом леса, приближающегося к возрасту спелости.

#### Характеристика насаждений

Порода	Число стволов, шт. (числитель) и запас, м <sup>3</sup> (знаменатель) на секциях				Итого
	1	2	3	4	
До рубки					
Липа	281/51,7	318/47,2	228/30,4	190/38,5	1017/167,8
Ель	31/9,2	27/5,7	21/5,8	29/7,4	108/28,1
Вяз	4/1,3	17/6,8	10/3,2	32/9,3	63/20,6
Береза и осина	3/1,7	9/6,0	1/0,4	–	13/8,1
Итого	319/63,9	371/65,7	260/39,8	251/55,2	1201/224,6
После проходной рубки*					
Липа	249/33,7	254/38,8	195/25,6	156/30,4	854/128,5
Ель	20/3,6	21/4,4	17/4,0	26/5,2	84/17,2
Вяз	4/1,3	17/6,8	10/3,2	9/3,1	40/14,4
Береза и осина	2/0,7	9/6,0	–	–	11/6,7
Итого	275/39,3	301/56,0	222/32,8	191/38,7	989/166,8

\* Данные по секциям рассчитаны на площади 0,25 га; итоговые – на 1 га. Интенсивность выборки на секциях: 1 – 40; 2 – 15; 3 – 20; 4 – 30 %.

Рис. 2. Медопродуктивность опытных участков в зависимости от интенсивности проходной рубки: 1 – контроль; 2 – 15; 3 – 20; 4 – 30; 5 – 40 %



Учитывая способность липы наряду с елью, вязом, осинкой и березой возобновляться пней порослью, на 1 га вырублено 163 ствола липы. На второй год порослевое возобновление липы составило 14,7 тыс. шт. на 1 га. При своевременном уходе за порослевыми гнездами в будущем 15-летнее поколение после рубки материнского древостоя придет ему на смену сформировавшимся нектаропродуцирующим липняком, что подтверждают ранее проведенные опыты.

Этап формирования липовых двухъярусных насаждений в цикле непрерывно продуцирующего нектароносного леса наиболее короткий – 10 ... 15 лет. Второй этап включает комплексные рубки, при которых одновре-

менно с вырубкой материнского полога мелколесосечными рубками главного пользования с оставлением нектарников выполняется уход за вторым поколением, сформированным на первом этапе цикла. Мелколесосечные рубки по методу Мурахтанова целесообразно проводить на глубоких дренированных почвах площадью лесосек не более 1,5 ... 2,0 га. На мелких почвах и в сырых лесорастительных условиях рекомендуются добровольно-выборочные рубки, площадь лесосеки определяется площадью таксационного выдела. Этот этап включает также систему мероприятий по сдерживанию развития нежелательных видов и стимулированию развития медоносных растений в подлеске и живом напочвенном покрове. При всех видах рубок необходимо сохранять растения поддерживающего медосбора: иву, клен, лещину, калину, рябину. Технологические схемы разработки лесосек имеют некоторые особенности, связанные с сохранением второго яруса. Рубки проводят в зимний период, деревья валят строго направленно, начиная с дальних рядов, прилегающих к опушкам и прогалинам.

Первичные рубки ухода в молодняках – осветление и прочистка – должны способствовать раннему цветению и дальнейшему преобладанию обильноцветущих деревьев. Первый прием осветления, если нет угрозы заглушения липы другими породами, необходим после дифференциации деревьев по классам роста. В первый год лидер среди молодых деревьев в порослевом гнезде еще не проявляется, а в 8 лет проводить первый уход поздно, поскольку раннее лесоводственное вмешательство значительно ослабит конкуренцию деревьев и уменьшит отпад. Опытным путем установлена возможность формирования нектарных липняков осветлениями на второй год с удалением 50 % порослевин и дальнейшими прочистками в 10-11 лет высокой интенсивности (с оставлением в порослевом гнезде от 1 до 4 порослевин), в результате чего обильное цветение насаждений липы наблюдается с 12-летнего возраста.

На этом этапе формируется молодое насаждение с единичными экземплярами первого поколения, равномерно или куртинно расположенными по площади. В целях ускорения выхода молодых деревьев липы в основной ярус предпочтительны комплексные рубки продолжительностью 15 ... 20 лет. В дальнейшем создаются благоприятные условия для естественного возобновления липы, способствующие непрерывности леса в следующем поколении. Для формирования хозяйственно-ценных насаждений проводится регулирование состава по типам цветения, когда предпочтение отдается выращиванию деревьев липы с максимальной интенсивностью цветения: с абсолютным преобладанием количества цветков во всей кроне (более 500 соцветий на 1 м<sup>2</sup> кроны); умеренноцветущим индивидуумам со средним цветением (100 ... 200 соцветий на 1 м<sup>2</sup> в верхней половине кроны) и деревьям с хорошим цветением, близким к обильноцветущим (200 ... 500 соцветий на 1 м<sup>2</sup> в трех четвертях кроны). Это деревья сбежистые, с хорошо развитыми, низко опущенными кронами. При рубках, наряду с вырубкой сопутствующих пород, удаляют нецветущие экземпляры с единичными цветками или без них и слабоцветущие, близкие к нецветущему типу

(50 ... 100 соцветий на 1 м<sup>2</sup> в верхней четверти кроны). Интенсивность рубки определяется полнотой насаждения, которая должна оставаться не ниже 0,5-0,6. Этот этап может длиться 30 ... 40 лет вплоть до формирования двухъярусных липовых древостоев. Затем цикл повторяется с той же последовательностью. Повторение не окажется абсолютным, так как развитие насаждений идет не по замкнутому кругу, а по спирали. Предвидеть все отклонения, положительные или отрицательные стороны не представляется возможным. Любой этап модели является входным каналом при формировании нектарных липняков высокой продуктивности.

Таким образом, учитывая, что преобладающее большинство липняков вступило или в ближайшее время вступит в фазу перестойного леса, практическим решением в обеспечении непрерывности эффективного нектарного лесопользования, в отсутствие под пологом возобновления липы семенного происхождения, возрастной неполноценности вегетативной его части, следует считать разновозрастные насаждения, созданные на основе формирования молодого поколения липы в окнах при помощи проходных рубок за 10 ... 15 лет до начала основной рубки главного пользования. Неоспоримым преимуществом разновозрастных насаждений является возможность перехода от сплошных рубок к выборочным, позволяющая не допустить их разрыва в пространстве и времени и удлинить срок нектаровыделения, так как деревья липы молодого поколения, находясь под пологом взрослого леса, зацветают и отцветают значительно позже деревьев верхнего полога.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Габделхаков, А.К.* Эколого-лесоводственные основы формирования высокопродуктивных липняков [Текст] / А.К. Габделхаков. – Уфа: МЛХ РБ, 1998. – 190 с.
2. *Мушинская, Н.И.* Экология семенного размножения клена остролистного и липы мелколистной в Башкирском Предуралье [Текст]: автореф. дис. ... канд. с-х. наук / Н.И. Мушинская. – Свердловск, 1977. – С. 15–20.
3. *Окишев, Б.Ф.* Влияние рубок на нектаропродуктивность липняков [Текст] / Б.Ф. Окишев, В.П. Веревошникова, Ш.Х. Сибатов // Пчеловодство. – 1990. – № 2. – С. 19–21.
4. *Правила рубок главного пользования в липняках в зоне стационарных пастек Республики Башкортостан [Текст].* – Уфа: МЛХ РБ, 1994. – 3 с.

*R.R. Sultanova*

#### **Peculiarities of Lime-tree Forests Formation of Nectar Forest Management**

Elements of cutting in nectar plantations of little-leaf lime were revealed by experimental research and laid as the formation basis of continuously growing lime-tree forests.

---

УДК 504.054

**О.В. Толкач**

Толкач Ольга Владимировна родилась в 1955 г., окончила в 1978 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лесного отдела Ботанического сада УрО РАН. Имеет 62 публикации в области лесоведения и лесоводства.



### **ДЕПОНИРОВАНИЕ ПОЛЛЮТАНТОВ ПОЧВАМИ ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСОВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ**

Изучена способность лесных почв аккумулировать поллютанты в зависимости от основных лесотаксационных характеристик, в первую очередь от состава древостоев. Установлено, что концентрация поллютантов по убывающей распределяется следующим образом: хвойно-лиственные насаждения, лесные культуры, лиственные, лиственно-хвойные, хвойные.

*Ключевые слова:* горно-лесные почвы, Средний Урал, древостой, поллютанты.

Урбанизированные территории являются источником эмиссии поллютантов, которые ухудшают качество воздуха и воды, отрицательно влияют на здоровье населения. Всестороннему исследованию процессов, происходящих в урбанизированных зонах, рассматриваемых как лесные экотоны, уделяется большое внимание в Европе и России. При этом одной из задач является изучение роли леса как барьера распространения поллютантов. В данном процессе большое значение имеют лесные почвы, формирующиеся под воздействием лесной растительности. Это происходит через селективное извлечение растительностью питательных веществ и формирование разнообразных по химическим свойствам подстилок, которые, в свою очередь, влияют на почвенные горизонты [2, 6, 7, 10]. Гидрологические свойства почв также варьируют в зависимости от состава древостоя [4, 9]. Лесная почва как биофильтр проявляет себя не только в собственном круговороте элементов лесной экосистемы, но и в очистке загрязненного поверхностного стока воды с не покрытых лесом площадей путем перевода его во внутрпочвенный, что способствует поддержанию необходимого качества питьевой воды открытых водоемов.

Барьерные способности лесных почв нами проанализированы в зависимости от основных лесотаксационных характеристик, в первую очередь состава древостоев. Район исследования (зеленая зона г. Первоуральска), согласно лесорастительному районированию Б.П. Колесникова [5], расположен в южной подзоне тайги Среднеуральской низкогорной провинции Уральской горно-лесной области. Лесистость района около 70 %. Преобладают горно-лесные слабоподзоленные и дерново-подзолистые почвы. Для изучения использованы данные о загрязнении гумусового горизонта почв на глубину 5 ... 10 см никелем, кобальтом, хромом, марганцем, ванадием, титаном, фосфором, медью, цинком, свинцом, серебром, мышьяком, сурь-

мой, кадмием, висмутом, молибденом, барием, стронцием, оловом, йодом. Определено количественное содержание в почвах 20 элементов, применен метод спектрального анализа (данные Института промэкологии УрО РАН). Привязка почвенных образцов к категориям лесных земель и таксационным характеристикам лесопокрытых участков выполнена по материалам лесоустройства Свердловской аэрофотолесоустроительной экспедиции. Всего использовано для исследования 304 участка в зеленой зоне города.

Рассматривали степень загрязнения лесопокрытых участков и смежных с ними не покрытых лесом (сенокосы, выгоны), а также оценивали роль в консервации поллютантов хвойных (сосна, ель), мягколиственных (береза), смешанных с преобладанием хвойных (6,79 хв, 3,21 листь), смешанных с преобладанием лиственных пород (7,73 листь, 2,27 хв) насаждений и лесных культур сосны.

Установлено более высокое содержание поллютантов в лесных почвах. По усредненным данным, в них было в 2 раза больше свинца и никеля, на 33 % больше кобальта, на 52 % – хрома, на 14 % – меди, на 10 % – марганца, чем в почвах участков, не покрытых лесом. Поскольку приходная составляющая аэрозатражения на смежных участках не должна отличаться, полагаем, что более низкая концентрация поллютантов на безлесных участках обусловлена их выносом весенним поверхностным стоком и верховодкой, в лесу же при формировании внутрипочвенного стока происходит очистка воды от загрязнения с накоплением поллютантов.

Максимум консервантов находится в почвах под хвойно-лиственными древостоями (1900,852 мг/кг), меньше в лесных культурах (1027,062 мг/кг), лиственных, лиственно-хвойных, хвойных (932,34 ... 962,021 мг/кг).

Расчет коэффициента корреляции между поэлементным накоплением поллютантов и составом древостоев по ряду возрастания доли хвойных (лиственные, лиственно-хвойные, хвойно-лиственные, хвойные естественного, хвойные искусственного происхождения) свидетельствует о достоверной корреляции ( $p < 0,05$ ) с содержанием в почве хрома, цинка, свинца, мышьяка, сурьмы, висмута. Совершенно не связано с составом древостоев накопление в почве бария, фосфора, марганца. Положительная, но недостоверная корреляция наблюдается между составом древостоев и содержанием в почве никеля, кобальта, меди, серебра, кадмия и олова; отрицательная и также недостоверная – с содержанием ванадия, титана, молибдена, стронция, йода. Недостоверность корреляции означает, что связь существует, но количество поллютантов в лесной почве не соответствует построенному нами ряду лесопокрытых участков (коэффициент корреляции больше 0,5 ( $p > 0,05$ ): лиственные – I; лиственно-хвойные – Ni; хвойно-лиственные – Mo, Cu, Ba, Ag; хвойные – Cd, Sr.

Основным фактором, определяющим аккумуляцию поллютантов в лесных насаждениях, является водоохранно-защитное и стокорегулирующее действие лесов. Доля зимних осадков на Урале составляет 30 ... 40 % от их годовой суммы [1]. Вместе со снегом в течение зимы накапливается загряз-



нение. Первое место по запасам снега занимают лиственные древостои. В чистых сосняках снега меньше, но в смешанных с примесью лиственных пород его запас лишь немногим уступает участкам лиственных древостоев. В то же время интенсивность снеготаяния и водоотдачи, определяющая интенсивность поверхностного стока, в хвойных древостоях в 1,5–2,0 раза меньше, чем в лиственных, что способствует повышенному впитыванию талой воды и более качественной ее фильтрации и очистке лесной подстилкой. Таким образом, в хвойно-лиственных древостоях запасы снега выше, чем в хвойных, а интенсивность снеготаяния и водоотдачи значительно ниже, чем в лиственных древостоях.

На второе место по депонированию поллютантов вышли лесные культуры. Это сосновые 35–40-летние насаждения с примесью лиственных пород в составе до единицы, созданные на вырубках из-под хвойных и хвойно-лиственных древостоев, через 5–7 лет после ввода в действие основных источников загрязнения (Среднеуральский медеплавильный завод и завод «Хромпик»). Снежная масса на лесокультурных площадях до момента смыкания растений накапливалась в том же количестве, что и на открытых местах (поляны, сенокосы и т.п.), т. е. была максимальной или приблизительно в 2 раза выше, чем в хвойном лесу. Интенсивность снеготаяния в лесных культурах была ниже, чем на открытых местах, благодаря затеняющему действию подрастающих растений. Таким образом уменьшался поверхностный сток. Затем шло постепенное формирование лесной подстилки, что способствовало лучшей фильтрации снеговой воды и адсорбции поллютантов. Все это, по-видимому, и явилось причиной значительной консервации поллютантов на лесокультурных площадях.

Накопление поллютантов почвами зависит также от способности древесного полога разных по составу древостоев задерживать то или иное количество поллютантов, которые поступают в почву с жидкими осадками и опадом; от свойств и скорости минерализации лесной подстилки, также определяемых составом древостоев. Результаты исследования позволяют считать, что хвойно-лиственные древостои обладают оптимальными свойствами для депонирования поллютантов поверхностными горизонтами почвы. Это совпадает и с лучшими водоохранно-защитными свойствами таких древостоев [3]. Однако при нарушении лесных экосистем (рубка, пожары) высокая концентрация поллютантов в верхнем гумусовом слое лесной почвы может вызвать загрязнение среды, в том числе водоемов.

Влияние таксационных характеристик на аккумуляционные способности леса было рассмотрено на примере хвойно-лиственных насаждений, поскольку именно там выявлен максимум поллютантов. Концентрация их в верхних слоях почвы в наибольшей степени зависит от бонитета и возраста насаждений. В целом в насаждениях 20 ... 40 и старше 80 лет отмечается высокая концентрация поллютантов. С повышением класса возраста на достоверно значимом уровне увеличивается концентрация меди, марганца, мышьяка и молибдена. В насаждениях второго класса бонитета наблюдается максимум валового содержания поллютантов. Положительная корреляция с

классами бонитета отмечена в накоплении хрома, фосфора, серебра, мышьяка, бериллия.

Кроме оценки депонирования поллютантов древостоями был рассчитан уровень загрязнения лесных почв, что позволило оценить опасность вторичной эмиссии поллютантов при нарушении экологического равновесия лесных экосистем. Для этого определяли суммарный показатель концентрации (СПК) как отношение разности фактической и фоновой концентрации к фоновой (см. таблицу) [8].

Согласно «Методическим указаниям...» [8], загрязнение считается умеренно опасным при СПК = 18 ... 32, опасным при СПК = 33 ... 129, чрезвычайно опасным при СПК >130. Из таблицы следует, что почвы загрязнены хромом с СПК, соответствующим опасному загрязнению во всех вариан-

#### Суммарный показатель концентрации элементов в почвах

Древостои	Ni	Co	Cr	Cu	Zn	Pb
Лиственные	6,11	2,91	79,77	15,23	0,92	2,95
Лиственно-хвойные	7,60	2,95	95,67	22,04	0,71	3,40
Хвойно-лиственные	6,96	2,76	108,52	35,14	1,00	5,28
Хвойные	7,31	3,08	124,37	25,67	1,40	4,66
Лесные культуры сосны	18,94	3,52	204,11	30,61	1,71	6,12

тах древостоев, кроме лесных культур, где загрязнение чрезвычайно опасное. Загрязнение прочими поллютантами в лиственных древостоях допустимое. Остальные древостои загрязнены медью со степенью загрязнения от умеренно опасного до опасного в хвойно-лиственных древостоях. Следовательно, лесохозяйственные мероприятия, нарушающие лесную обстановку, могут привести к дополнительному поступлению хрома и меди в гидрологическую сеть.

Таким образом, сохранение лесов вокруг промышленных городов имеет огромное значение для нормализации условий жизни их обитателей. Основное назначение этих лесов – рекреация и депонирование поллютантов. Вмешательства, нарушающие сложившееся равновесие лесных экосистем, могут спровоцировать вторичную эмиссию поллютантов. Поэтому в пригородных лесах требуется специальная система мероприятий, направленная на усиление их депонирующей функции, и «перестойный» возраст древостоев в данном случае не может быть основанием для их вырубki. Здесь необходимо придерживаться политики «вечного леса». Регуляция породного состава насаждений в пригородных лесах позволит усилить процессы депонирования поллютантов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Свердловской области [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.– 158 с.
2. *Блинцов, И.К.* Влияние ели и березы на дерново-подзолистые (палевые) пылевато-суглинистые почвы [Текст] / И.К. Блинцов // Лесн. журн. –1971.– № 6. – С. 28–33. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Данилик, В.Н.* Снегонакопление, снеготаяние и сток в горных темнохвойных лесах Среднего Урала [Текст] / В.Н. Данилик // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск, 1975.– Вып.8. – С. 77–92.
4. *Данилик, В.Н.* Классификация горных темнохвойных лесов Урала по их водоохранно-защитной роли [Текст] / В.Н. Данилик // Там же.– Свердловск, 1977. – Вып. 10. – С. 3–15.
5. *Колесников, Б.П.* Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области [Текст] / Б.П. Колесников. – Свердловск, 1973.– 175 с.
6. *Лысиков, А.Б.* Влияние смены березняков еловыми древостоями в южной тайге на лесорастительные свойства почвы [Текст] / А.Б. Лысиков // Лесоведение. – 1986. – № 5. – С. 39–44.
7. *Лысиков, А.Б.* Влияние подстилок ельника и березняка на некоторые свойства почвы [Текст] / А.Б. Лысиков // Там же. –1986. – № 10. – С. 147–150.
8. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами [Текст] / Минздрав СССР, утв.13.03.1987. № 4266–87. – М., 1987. – 35 с.
9. *Побединский, А.В.* Водоохранная и почвозащитная роль лесов [Текст] / А.В. Побединский. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 186 с.
10. *Фирсова, Ф.П.* Сравнительная характеристика свойств горных почв Среднего Урала [Текст] / Ф.П. Фирсова, Т.А. Горячева, Е.В. Прокопович // Почвоведение. – 1983. – № 5. – С. 16–25.

*O.V. Tolkach*

### **Pollutants Deposition by Suburban Forest Soils in the Middle Ural**

The ability of forest soils to accumulate pollutants depending on the main inventory characteristics, the structure of forest stands in the first place, is studied. The concentration of pollutants is distributed in descending order in the following way: coniferous-deciduous stands, forest cultures, deciduous, deciduous-coniferous and coniferous stands.

---

УДК 581\*122+582\*9

***Е.А. Зотеева, А.П. Петров, А.В. Капралов***

Зотеева Елена Анатольевна родилась в 1954 г., окончила в 1976 г. Уральский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и защиты леса Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 34 печатные работы в области геоботаники.



Петров Анатолий Петрович родился в 1946 г., окончил в 1972 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и защиты леса Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 80 печатных работ в области внутривидовой изменчивости, интродукции и натурализации древесных растений.



Капралов А.В. родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и мелиораций Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 30 печатных работ в области изучения воспроизводства лесов, антропогенных изменений лесных биогеоценозов.



## **ЛЕСНЫЕ СООБЩЕСТВА ПРИРОДНОГО ПАРКА «САМАРОВСКИЙ ЧУГАС»**

Дано описание основных лесных сообществ природного парка в связи с уникальными особенностями его расположения и формирования.

*Ключевые слова:* Ханты-Мансийский автономный округ, «Самаровский чугас», лесные сообщества.

Подзона средней тайги Западной Сибири характеризуется слабо расчлененным рельефом, обусловленным развитием боковой водной эрозии и мерзлотно-соровыми процессами. Равнинность территории, преобладание суглинистых грунтов, трудно проницаемых для поверхностных вод, превышение количества выпадающих осадков над испаряемостью и высокая обводненность региона способствуют интенсивному развитию болотообразовательных процессов. Заболоченность территории в среднем около 40 %, а на Обь-Иртышском водоразделе вместе с озерами достигает 80 ... 90 %.

Растительность подзоны средней тайги представлена сосновыми и березово-сосновыми долгомошно-сфагновыми и кустарничково-сфагновыми лесами, выделенными в ранге группы формаций, в сочетании с кустарничково-сфагновыми олиготрофными болотами [1]. На сосновые леса

(сосна обыкновенная – *Pinus silvestris* L.) приходится более 48 % покрытой лесом площади, кедровники (сосна кедровая сибирская – *Pinus sibirica* Du Tour.) – 14 %, ельники (ель сибирская – *Picea obovata* Ledeb.) – 8 %. Производные березняки (береза бородавчатая – *Betula verrucosa* Ehrh. и береза пушистая – *B. pubescens* Ehrh.) и осинники (осина – *Populus tremula* L.) занимают соответственно 20 и 7 % площади [4].

Своеобразным лесным островом недалеко от впадения Иртыша в Обь среди плоской равнины (ширина долины Оби и Иртыша здесь 20 ... 50 км, а притоков – до 15 ... 35 км) возвышаются так называемые Ханты-Мансийские холмы, которые вместе с прилегающими к ним территориями общей площадью 6839 га входят в природный парк «Самаровский чугас» («чугас», по понятиям иртышских ханты, – одинокий остров, покрытый таежным лесом, возвышающийся над низкой поймой реки (рис. 1).

Геологические обнажения «Самаровского останца» – это классический пример «ледниковых отторженцев» эоценовых пород, залегающих на плейстоценовой морене, имеющих относительные высоты 110 ... 120 м. Поверхность территории природного парка изрезана логами и оврагами. По мере удаления от поймы Иртыша и Оби происходит выполаживание рельефа. Увалообразные повышения постепенно переходят в плоские, сильно заболоченные водораздельные пространства [3].

Лесные массивы природного парка «Самаровский чугас» представляют уникальное явление на фоне зональной среднетаежной лесной растительности. Разнообразие почвенного покрова, обусловленное процессами формирования «чугаса» (наличие азональных дерновых почв под лесными массивами), «отепляющее» влияние вод Оби и Иртыша (среднемесячная температура воды на 2 ... 4 ° выше температуры воздуха [2]), высокая лесистость территории (94,4 %) привели к формированию растительных сообществ с участием видов растений, более характерных для южной тайги. На долю кедровников приходится 44,2 % лесопокрытой площади, ельников и пихтарников (пихта сибирская – *Abies sibirica* Ledeb.) – 22,8 %, березняков, осинников и пойменных ивняков из ив белой (*Salix alba* L.), трехтычинковой

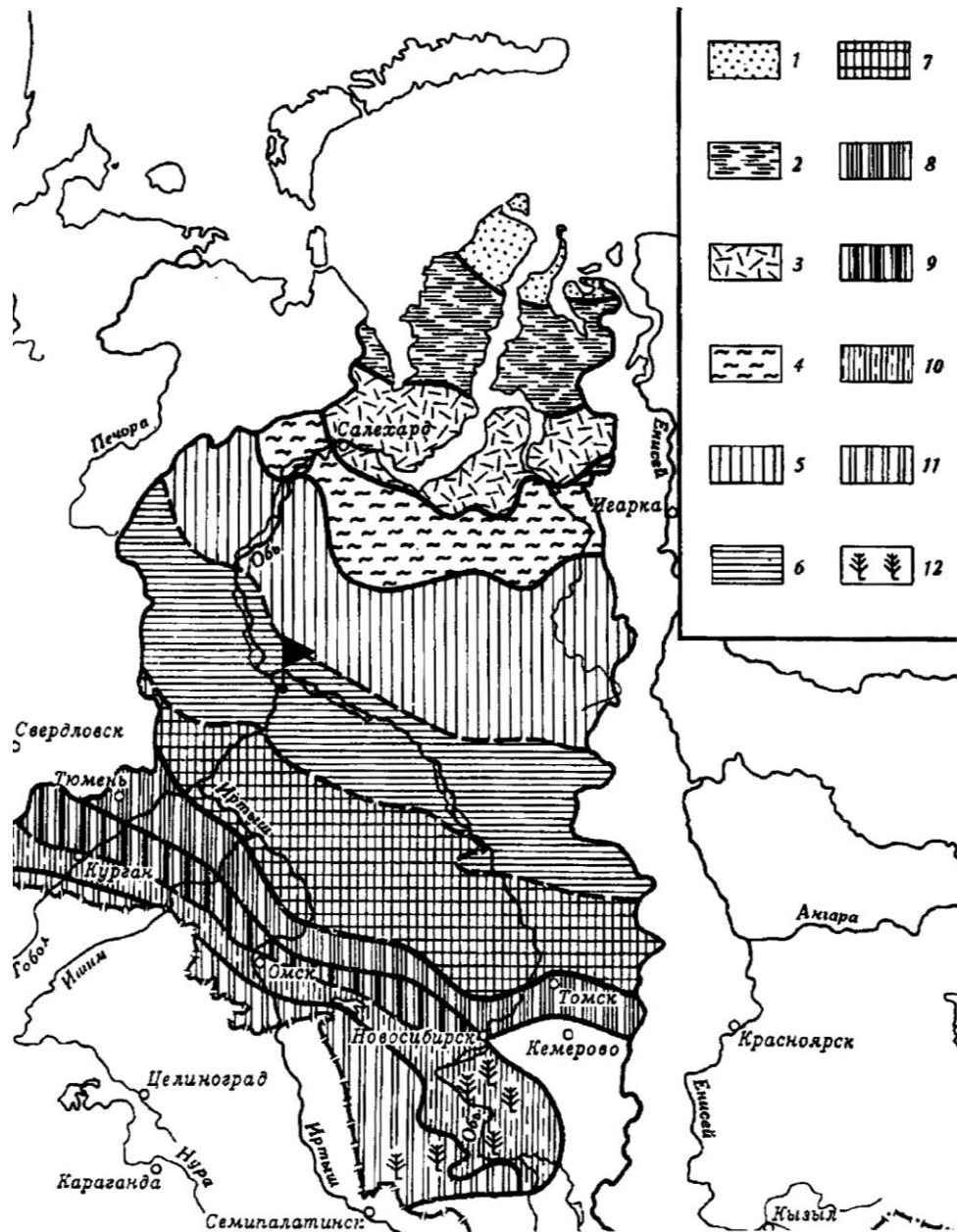


Рис. 1. Схема зонального расчленения Западно-Сибирской равнины: 1 – полярные пустыни; 2 – тундра; 3 – лесотундра; 4 – лиственные редколесья; 5, 6, 7 – тайга, соответственно северная, средняя и южная подзоны; 8 – осиново-березовые леса; 9, 10 – лесостепь, северная и южная подзоны; 11 – степь; 12 – сосновые боры в лесостепи и степи [2]

(*S. triandra* L.), прутювидной (*S. viminalis* L.), пятитычинковой (*S. pentandra* L.) и др. – 33 % площади [3].

Лесная растительность на территории природного парка строго приурочена к определенному типу ландшафтов, занимает суходольные участки на водоразделе Оби и Иртыша (рис. 2). Наибольшее распространение имеют типы леса из зеленомошной, кустарничковой (с доминированием черники – *Vaccinium myrtillus* L.) и крупнопоротниковой групп, реже встречаются сфагновые и мелкотравные леса.

Группа мелкотравных, зеленомошно-мелкотравных лесов на территории природного парка представлена кедрово-еловыми и елово-кедровыми типами. Фитоценозы занимают хорошо дренированные высокие гряды и поверхности в суходольной части парка с подзолистыми и глубоко-подзолистыми иллювиально-гумусовыми почвами. Дрестовой (8К1Е1П) часто с единичными осинкой и березой, переходит в логах в кедрово-елово-пихтовый (елово-пихтово-кедровый) – 5К3Е2П; 4Е3П3К. В подлеске малина (*Rubus idaeus* L.), рябина (*Sorbus aucuparia* L.) и можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.). Напочвенный покров очень разрежен, проективное покрытие составляет 10 ... 20 %, располагается фрагментарно с крупными мертвопокровными участками между ними. Проективное покрытие внутри этих фрагментов может достигать 50 %. Цветковые представлены небольшим числом видов таежного мелкотравья с обилием не выше sol: майник двулистный (*Majanthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), ортилия однобокая (*Orthilia secunda* (L.) House.). Из группы высших споровых (обилие sol-sp) присутствует лишь голокучник трехраздельный (*Gymnocarpium driopteris* (L.) Newm), фрагменты которого развиваются под кронами деревьев ели. Куртинки мхов редки

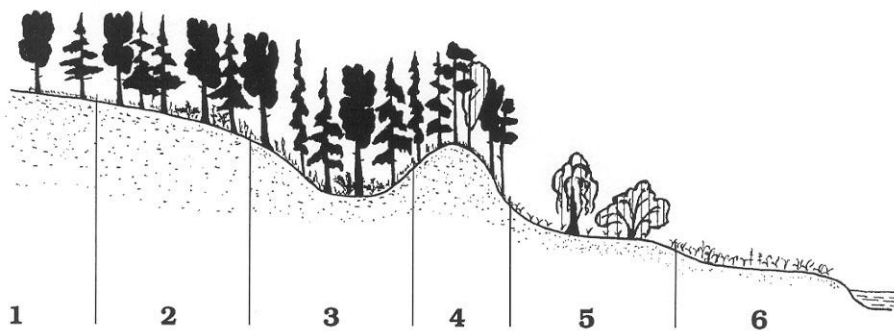


Рис. 2. Экологический профиль растительных сообществ природного парка «Самаровский чугас»: 1 – леса кедрово-еловые мелкотравные; 2 – елово-кедровые крупнотравно-папоротниковые; 3 – кедрово-елово-пихтовые крупнопоротниково-разнотравные; 4 – сосново-кедровые: кустарничково-папоротниково-зеленомошные, кустарничково-зеленомошные; 5 – пойменные ивняки; 6 – пойменные заболоченные луга и болота

(обилие sol) и приурочены к микропонижениям. Основные виды – плеурозий Шребера (*Pleurozium Schreberi* (Brid.) Mitt.) и гилокомий блестящий (*Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G.). В зеленомошно-мелкотравных типах леса их обилие возрастает до sp.

В случае формирования елово-пихтового древостоя (6Е4П) без участия (или с незначительным участием) кедра мелкотравные типы леса переходят в мертвопокровные. Фитоценоз ельника-пихтарника мертвопокровного описан в окрестностях дер. Шапша («Стойбище»), на пологой поверхности, высота над уровнем поймы около 15 м. Состав древостоя 4Е4П1К1Б, четко выражены три древесных яруса: первый (основной полог) – ель (диаметр 51 см, высота 30 м), пихта (диаметр 44 см, высота 30 м), береза (диаметр 40 ... 60 см, высота около 30 м); второй – ель, пихта (средний диаметр 16 ... 20 см, высота около 17 ... 20 м); третий – ель, пихта, кедр (средний диаметр около 8 см, высота 5-6 м). Подрост на участке обильный: ель, пихта, кедр, высотой до 0,5 м, благонадежный. Напочвенный покров несомкнутый (общее проективное покрытие (ОПП) 10 %), обилие видов низкое – sol, редко до sol-sp, представлены майник двулистный, ортилия однобокая, голокучник трехраздельный. На открытых освещенных местах формируются куртинки кошачьей лапки двудомной (*Antennaria dioica* (L.) Gaerth.). Мхи (плеурозий Шребера и гилокомий блестящий) располагаются отдельными пятнами, обилие не выше sol.

Группа крупнопоротниковых лесов представлена кедрово-елово-пихтовыми (елово-пихтово-кедровыми) крупнопоротниково-разнотравными типами, располагающимися в глубине лесных массивов, занимая неглубокие лога на северных и северо-восточных склонах высоких грив. Древостой (8К1П1Е) трехъярусный: первый ярус – старые и крупные деревья кедра (диаметр 64 см, высота 27 м), ели (диаметр 44 см, высота 32 м), пихты (диаметр 44 см, высота 30 м); второй ярус – средневозрастное поколение кедра, ели, пихты, достигающее по высоте уровня основного полога (высота 16 ... 18 м, диаметр 16 ... 24 см); третий ярус – темнохвойные молодняки (диаметр 8 ... 12 см, высота 7 ... 12 м). В подлеске рябина, шиповник (*Rosa acicularis* Lindl.). Напочвенный покров несколько разрежен (ОПП 70%), преобладают цветковые – до 50 %, обильны папоротники – 30 ... 40 %, мхи немногочисленны – менее 20 %. Цветковые представлены лесным высокотравьем: борцом высоким (*Aconitum excelsum* Reichenb.), василистником водосборолистным (*Thalictrum aquilegifolium* L.), встречаются майник двулистный, черника (*Vaccinium myrtillus* L.), нередко присутствует недотрога обыкновенная (*Impatiens noli-tangere* L.). Обилие их невысокое, sol-sp до sp. Доминируют папоротники, обычны кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth.) – sol-sp, щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) – sol-sp, щитовник шартрский (*D. carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs) – sp, страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.) – sp. Моховой покров развит слабо, его обилие не превышает sol.

Группы зеленомошных и кустарничковых лесов представлены сосново-кедровыми кустарничково-папоротниково-зеленомошными типами,



имеющими широкое распространение на территории природного парка. Леса занимают высокие гривы и коренные террасы Оби и Иртыша со слабо-дерново-подзолистыми или неглубокоподзолистыми иллювиально-гумусовыми почвами. Состав древостоя зависит от положения в рельефе и характеристик почв. Северные и северо-западные склоны и невысокие гривы заняты кедровниками (6К1С1П1Е1Б+Ос, класс бонитета IV, сомкнутость крон 90 %, полнота около 1,0). Подрост: 4К4П2Е, около 7 тыс. шт./га. Напочвенный покров (ОПП 70 %), при достаточно однотипном видовом составе, характеризуется высокой мозаичностью, создающей микросинузии с доминированием того или другого вида. Среди цветковых преобладает черника – sp-cop<sub>1</sub>, до cop<sub>1</sub>. Обычными видами (обилие sol, редко sol-sp или sp) являются брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), линнея северная (*Linnaea borealis* L.), майник двулистный, одноцветка крупноцветная, ортилия однобокая, грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L.), седмичник европейский (*Trientalis europaea* L.), борец высокий, воронец черноплодный (*Actaea spicata* L.); встречаются орхидные – гудайера ползучая (*Goodyera repens* (L.) R.Br.) и пальчатокоренники (*Dactylorhiza* sp.). Среди высших споровых доминируют мелкие папоротники – голокучник трехраздельный – cop<sub>1</sub>, фегоптерис скупенный (*Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt.) – sol, щитовники мужской и шартрский, кочедыжник женский встречаются редко (обилие sol). Среди зеленых мхов господствуют (обилие cop<sub>2</sub>) плеурозий Шребера, гилокомий блестящий, в микропонижениях обильны (обилие sp) виды кукушкина льна (*Polytrichum* sp.) и сфагнума (*Sphagnum* sp.) Обильно представлены разнообразные лишайники, как эпифитные, так и эпигейные.

Верхушки грив и южные склоны с более песчаными почвами заняты лесами с большим участием сосны обыкновенной, вплоть до чистых сосняков (состав 10С, возраст 20 ... 80 лет, сомкнутость 0,4 ... 0,8) с подлеском из можжевельника, малины, шиповника иглистого, кизильника черноплодного. Напочвенный покров (ОПП 40 ... 50 %) разнотравный или кустарничково-разнотравный: черника – sp, иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* Scop.) – sol, борец высокий – sol, воронец черноплодный – sol, лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim) – sol и др.

Среди древесных растений на территории парка наибольший интерес представляют виды, находящиеся на северном пределе своего произрастания. Это волчник смертельный (*Daphne mezereum* L.) и калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), встречающиеся единично в кедровниках зеленомошно-мелкотравных; кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt), произрастающий в составе сосново-кедровых лесов по высоким гривам над Иртышом; по берегам ручьев, текущих по днищам логов, выходящих к Иртышу, обычна ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench.); в составе пойменных лесов заметная роль принадлежит иве белой. В то же время в силу своего расположения на территории г. Ханты-Мансийска леса парка подвержены высоким антропогенным, главным образом, рекреационным нагрузкам. В совокупности с уникальностью расположения территории природного парка и его растительности очевидна необходимость разработки

---

соответствующих мер охраны и мониторинга лесов в рамках деятельности парка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Т. 1-3. – Л.: Наука, 1977–1986.
2. *Крылов, Г.В.* Леса Западной Сибири [Текст] / Г.В. Крылов, А.Г. Крылов // Леса СССР. Т.5. – М.: Наука, 1969. – С. 157-247.
3. Описание деятельности государственного учреждения «Природный парк «Самаровский чугас» // *Летопись природы*. Кн. 1. – 2001. – 427 с.
4. *Чижов, Б.Е.* Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа [Текст] / Б.Е. Чижов. – Тюмень, 1998. – 144 с.

*E.A. Zoteeva, A.P. Petrov, A.V. Kapralov*

#### **Forest Community of Natural Park “Samarovsky Chugas”**

The description of main forest communities of natural park is given due to unique peculiarities of its location and formation.

---



УДК 630\*377.49

***И.Н. Кручинин***

Кручинин Игорь Николаевич родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 46 печатных работ по проблемам транспорта леса, строительства и эксплуатации автомобильных дорог.



### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

Предложены методы и математическая модель оценки опорной проходимости лесотранспортных машин при перемещении по водонасыщенным лесным почвогрунтам и глубокому снежному покрову.

*Ключевые слова:* опорная поверхность, лесотранспортные машины, математическая модель, колееобразование, нормальное давление.

Урал характеризуется суровым климатом, многоснежной зимой, преобладанием заболоченных и переувлажненных грунтов 3-й и 4-й категорий, продолжительным межсезоньем. Современные отечественные и зарубежные лесотранспортные машины удовлетворительно работают лишь на сухих почвах при ограниченном количестве проходов по одному следу и небольшой глубине снежного покрова.

Различия в типах опорной поверхности вызывают определенные трудности при проектировании ходовых частей лесотранспортных машин (ЛТМ). Поэтому приобретает актуальность проблема создания ходовых частей, одинаково хорошо работающих в различных условиях, особенно в регионах, для которых характерна сезонность заготовки древесины.

Цель настоящей работы – обосновать математическую модель взаимодействия ходовой части ЛТМ с различными опорными поверхностями для выбора таких их параметров, которые обеспечивают движение ЛТМ в течение всего осенне-зимне-весеннего сезона.

Проходимость современных машин обычно оценивают по критерию среднего нормального давления на опорную поверхность. Принимая во внимание, что для современных ЛТМ допускаются достаточно малые значения давления на почву, они должны соответствовать лесоводственным

требованиям [2], поэтому необходимы новые научно обоснованные подходы к конструированию и совершенствованию методов расчета ходовых частей.

Кафедра транспорта и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета проводит научные исследования в области повышения эффективности работы лесотранспортных систем и их влияния на лесную экосистему, одним из направлений которых является совершенствование ходовых частей ЛТМ.

Для реализации теоретических предложений и оценки адекватности полученных результатов на практике был изготовлен экспериментальный сортиментовоз [3] на гибких резинометаллических гусеницах (РМГ), надетых на пневматические шины. Он был использован для разработки математической модели.

Оценка воздействия ЛТМ на опорную поверхность возможна лишь при анализе ее напряженно-деформированного состояния. Моделью водонасыщенного грунтового массива является классическая система дифференциальных уравнений Терцаги – Герсеванова [4], описывающая напряженное состояние грунта при действии нормальных нагрузок от прохода ЛТМ. Для модели снежного покрова использовали систему дифференциальных уравнений в переменных Лагранжа, описывающую многокомпонентную упругопластичную среду и ее напряженное состояние.

В качестве расчетной схемы применили гибкую резинометаллическую гусеницу, надетую на пневматические колеса (рис. 1). Такая схема позволяет изучать не только гусеничные ходовые устройства, но и пневмоколесную часть современных ЛТМ.

При выборе расчетной схемы и построении математической модели приняты следующие допущения: ЛТМ движется по ровной, однородной

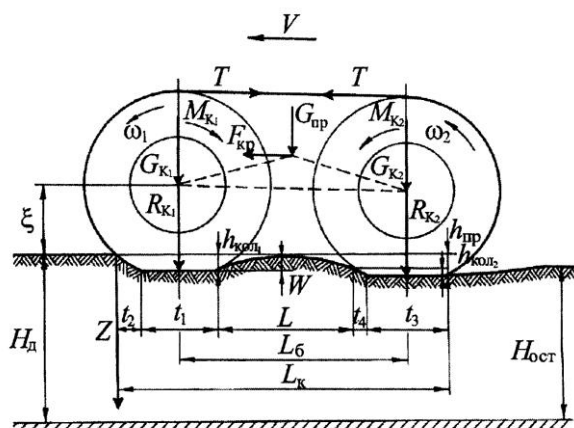


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия резинометаллической гусеницы экспериментального сортиментовоза с деформируемой опорной поверхностью

опорной поверхности глубиной  $H_d$ . В наиболее неблагоприятных почвенно-грунтовых условиях (отсутствуют корни деревьев, ветки, порубочные остатки как армирующий слой опорной поверхности); колеса сортировоза находятся в ведомом режиме; натяжение гусеницы  $T$  передается на протектор пневмошины по дуге обхвата; РМГ принимаем нерастяжимой в продольном направлении и гибкой в поперечном сечении.

Внешнюю нагрузку на опорную поверхность от РМГ рассчитывают в виде эпюр давления по длине ходовой части и глубине опорной поверхности. Однако получить решение непосредственно в виде деформации поверхности невозможно, так как в выражение входят параметры, зависящие от самой глубины погружения  $h_{\text{кол}}$ .

Системы уравнений можно решить методом подстановки (подбора), задаваясь различными значениями глубины колеи  $h_{\text{кол}}$  до момента, при котором давление от ходовой части уравновесится силой сопротивления уплотнению опорной поверхности. Если для расчета давления от пневмоколес можно воспользоваться методикой А.С. Агейкина [1], то гибкая резинометаллическая гусеница взаимодействует с опорной поверхностью иначе, чем общеизвестные металлические гусеницы.

Рабочую ветвь  $L$  (межколесное пространство с учетом длины пятна контакта пневмокатка) гусеницы можно представить в виде гибкой анизотропной пластинки [3, 4], у которой края  $t_1 - t_4$  свободно оперты, а боковые свободны. Пластика находится под действием равномерного растягивающего усилия  $T$  (Н) в направлении  $y$ . Причем на поверхность пластинки действует равномерно распределенная нагрузка  $q$  (Н/м<sup>2</sup>) со стороны опорного массива.

Края  $t_1$  и  $t_4$  соответствуют месту выхода гусеницы из пятна контакта переднего и заднего пневмокатков. Распределение равномерной  $q$  со стороны опорного массива на пластинку представим в виде двойных тригонометрических рядов

$$f(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}. \quad (1)$$

Тогда граничные условия для свободно опертых краев имеют вид:

$$W = 0 \text{ при } x = 0, x = a, y = 0, y = b;$$

$$-D \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) = 0 \text{ при } x = a, y = b;$$

для свободных краев

$$\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \mu \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) = 0 \text{ при } y = b;$$

$$\frac{\partial^3 W}{\partial y^3} + (2 - \mu) \frac{\partial^3 W}{\partial x^2 \partial y} = 0,$$

где  $W$  – прогиб пластинки;

$\mu$  – коэффициент Пуассона.

Прогиб  $W$  должен удовлетворять приведенным граничным условиям и однородному дифференциальному уравнению

$$\frac{\partial^4 W}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} - \frac{T}{D} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = f(x, y). \quad (2)$$

Это уравнение и граничные условия будут удовлетворены, если применять прогиб  $W$  пластинки в виде двойных тригонометрических рядов (1)

$$W = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}.$$

Постоянные  $a_{mn}$  определены путем подстановки в уравнение (2) разложенных гиперболических функций и их произведений на  $m\pi x/b$  в ряды Фурье по синусам в интервале  $0 \leq x \leq a$ .

В конечном виде уравнение изогнутой центральной линии опорной ветви гусеницы представлено в виде оригинального решения:

$$W = \frac{16q}{\pi^6 D} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{mn \left[ \left( \frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) + \frac{T_y m^2}{\pi^2 D a^2} \right]} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b},$$

где  $m, n$  – нечетные числа 1, 3, 5, ...;

$a, b$  – ширина и длина пластинки соответственно, м;

$D$  – изгибная жесткость пластинки в продольном направлении, Н·м.

Основываясь на быстрой сходимости ряда, для практических расчетов можно выполнить решение при  $m = 1$  и  $n = 1$ .

На рис. 2 представлены значения прогиба рабочей ветви, определенные на модели, и экспериментальные для РМГ на пневмошинах 320–508 модели ИЯВ-12 на переувлажненном минерализованном волокне с несущей способностью 140 кПа, при нагрузке на сортиментовоз 131 кН.

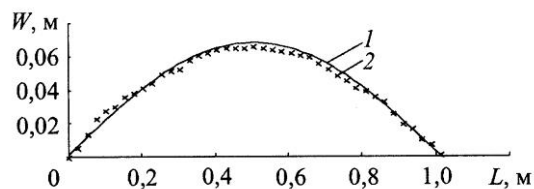


Рис. 2. Прогиб рабочей ветви резиноталлической гусеницы на переувлажненном минерализованном волокне: 1 – расчетные значения; 2 – экспериментальные

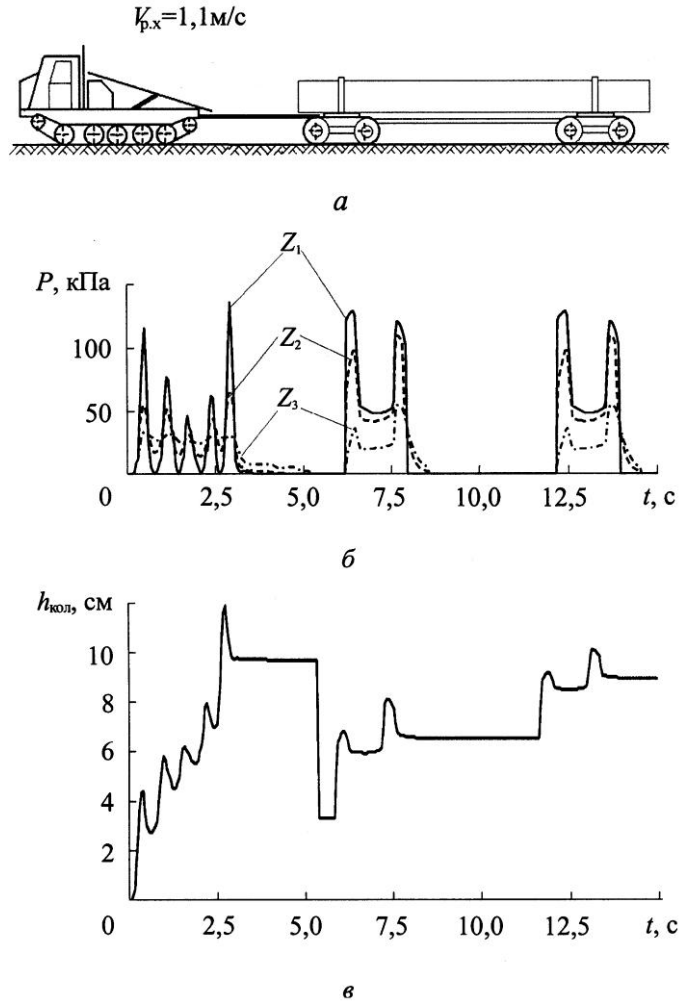


Рис. 3. Результаты численного моделирования однократного прохода экспериментального сортиментовоза по переувлажненному волоку: *a* – схема экспериментального сортиментовоза; *б* – распределение нормальных напряжений по глубине грунтового массива;  $Z_1 = 0,2$ ;  $Z_2 = 0,3$ ;  $Z_3 = 0,5$  м; *в* – колеобразование

На рис. 3 представлен один из вариантов решения в виде эпюры распределения нормального давления по длине контакта экспериментального сортиментовоза, а также численное решение текущей деформации на переувлажненном минерализованном волоку в виде колеи. При моделировании грунтовых условий задавали диапазон изменения параметров грунта и использовали встроенную программу реализации нормального закона распределения случайной величины, так как анализ выборочной плотности вероятностей грунтовых условий, по которым перемещаются ЛТМ, позволяет с

достаточно высокой надежностью принимать в качестве теоретической нормальную плотность распределения.

Разработанная модель дает возможность оценивать изменения физико-механических свойств опорной поверхности как при однократных, так и при многократных проходах по одному следу и выработать рекомендации по применению систем ЛТМ в заданных условиях эксплуатации.

#### *Выводы*

1. Рассмотренная математическая модель и результаты расчета хорошо согласуются с опытными данными.

2. Впервые получены закономерности взаимодействия гибкой резинометаллической гусеницы с различными опорными поверхностями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агейкин, Я.С.* Проходимость автомобилей [Текст] / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
2. Заготовка сортиментов на лесосеке. Технология и машины / А.В. Жуков, И.К. Иевинь, А.С. Федоренчик, Ю.И. Провоторов [и др.]. – М.: Экология, 1993. – 311 с.
3. *Кручинин, И.Н.* Основы взаимодействия резинометаллических гусениц с лесными грунтами и пути повышения проходимости лесотранспортных машин [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / И.Н. Кручинин. – Воронеж, 1998. – 22 с.
4. *Тимошенко, С.П.* Пластинки и оболочки [Текст] / С.П. Тимошенко, Войновский-Кригер. – М.: Наука, 1966. – 636 с.

*I.N. Kruchinin*

#### **Mathematical Model for Calculation of Undercarriage Parameters of Forest Machines**

Methods and mathematical model for assessment of supporting flotation of forest-transport machines in their movement along water-saturated soils and deep snow cover have been suggested.







## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053:536.5

***В.К. Пашков, С.В. Щепочкин***

Пашков Валентин Кузьмич родился в 1933 г., окончил в 1955 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры станков и инструментов Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 280 печатных работ, в том числе в области организации инструментального хозяйства деревообрабатывающих предприятий.



Щепочкин Сергей Владимирович родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Уральский государственный лесотехнический университет. Аспирант кафедры станков и инструментов УГЛТУ. Имеет 6 печатных работ в области теплофизики резания древесины.



### **К ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР ЗУБА КРУГЛОЙ ПИЛЫ**

Проанализированы результаты известных зависимостей температурных полей зубьев круглых пил.

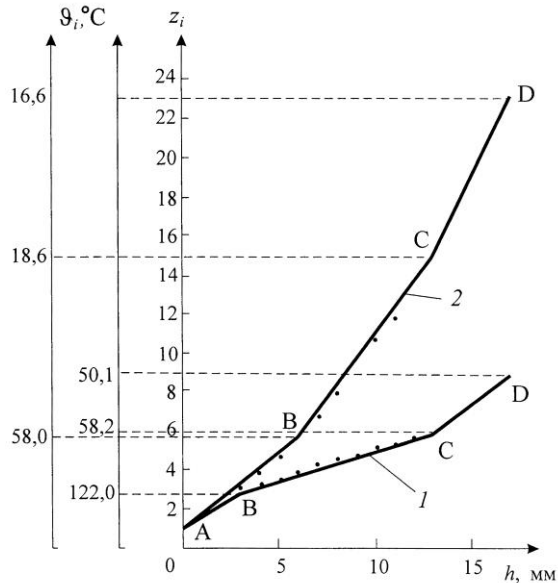
*Ключевые слова:* круглая пила, диск, зуб, температура.

Температура нагрева лезвия зуба пилы определяет выбор материала зуба (по теплоустойчивости), режимы термообработки, ограничение режима пиления (по динамической устойчивости пилы), т.е. необходимо знать температуру лезвия как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации.

Исследования, связанные с нагревом находящихся в подвижном контакте тел, трудоемки, требуют сложной и точной измерительной аппаратуры. Этим объясняется недостаточность и фрагментарность сведений о температуре нагрева лезвий инструментов в процессе резания. В связи с этим выполнен анализ распределения температуры по радиусу пилы с использованием данных работ [2, 3].

В Уральском государственном лесотехническом университете разработан графоаналитический метод расчета температуры зубьев круглой пилы. Он позволил произвести сравнительную оценку результатов расчетов (см. рисунок), полученных в разных работах.

Распределение относительной температуры по высоте зуба: 1 – построена по результатам работы [2]; 2 – [3] (первая слева шкала – для  $\vartheta_1 = 330$  °С, вторая – для 343 °С;  $z_1 = 1 + 0,75h$  – на участке АВ кривой 2;  $z_2 = -2,5 + 1,33h$  – на участке ВС кривой 2;  $\lg \vartheta_i = \varphi(h)$  – на участке СД кривых 1, 2)



Здесь обозначено:  $i$  – номер изотермы по высоте зуба;  $h$  – размер зуба по радиусу пилы с началом системы координат, совмещенной с данной точкой режущей кромки;  $\vartheta_i$  – температура зуба на  $i$ -й изотерме,  $\vartheta_i = \vartheta_1/z_i$ , °С;  $\vartheta_1$  – температура зуба пилы на окружности первой изотермы диска, т.е. на лезвии зуба, °С;  $z_i$  – относительная температура зуба на  $i$ -й изотерме,  $z = \vartheta_1/\vartheta_i$ .

С использованием графоаналитического метода [3] рассмотрены два случая для пил по ГОСТ 980–80 (диаметр  $D = 500$  мм, толщина  $b = 2,5$  мм, шаг зубьев  $t = 26$  мм, высота зубьев  $h = 17$  мм, частота вращения  $200 \text{ рад}^{-1}$ ): при мощности резания  $N = 5$  кВт с температурой на лезвии зуба  $\vartheta_1 = 330$  °С и при  $N = 10$  кВт,  $\vartheta_1 = 688$  °С (кривая 2).

Для сравнения на графике приведены результаты расчетов по эмпирической формуле [2] (кривая 1):

$$T_i = C_0 K_{\text{п}} \frac{V_i^{0.75} U_{Z_i}^{0.071} H_i^{0.42}}{W_i^{0.33} l_i^{0.415}},$$

где  $C_0$  – коэффициент, учитывающий влияние исследуемых факторов от расстояния до режущей кромки,  $C_0 = 4,39$ ;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий влияние породы дерева на температуру нагрева (для сосны  $K_{\text{п}} = 1$ );

$V_i$  – скорость резания, м/с;

$U_{Z_i}$  – подача на зуб, мм;

$H_i$  – высота пропила, мм;

$W_i$  – влажность древесины, %;

$l_i$  – расстояние от режущей кромки, мм.

Приведенные на рисунке графики показывают изменение относительной температуры  $z = \vartheta_1/\vartheta_i$  по высоте зуба в долях от  $\vartheta_i$ , т.е. во сколько раз температура на лезвии зуба  $\vartheta_1$  превышает температуру на  $i$ -й изотерме  $\vartheta_i$ .

Закон изменения относительной температуры  $\vartheta_1/\vartheta_i$  по высоте зуба не зависит от ее значения на режущей кромке. Температура на лезвии зуба примерно в 20 раз выше, чем температура на окружности впадин зубьев, т.е.  $\vartheta_1 \approx 20\vartheta_{\text{вп}}$ . Например, в первом случае, когда  $\vartheta_1 = 330$  °С, температура на окружности впадин зубьев  $\vartheta_{\text{вп}} = 16$  °С, во втором случае, когда  $\vartheta_1 = 688$  °С,  $\vartheta_{\text{вп}} = 35$  °С.

Температура на окружности впадин, определенная по номограмме [4], связана с мощностью на резание, следовательно, определяя температуру для конкретных типоразмеров, можно судить об ожидаемых средних температурах на лезвии зуба.

Зависимости изменения температуры по высоте зуба можно аппроксимировать кусочно-линейным уравнением. Ее можно определить по следующим формулам (см. рисунок, кривая 2):  
на участке АВ для  $h = 0 \dots 6$  мм

$$\vartheta_i = \frac{\vartheta_1}{1 + 0,75h};$$

на участке ВС для  $h = 6 \dots 13$  мм

$$\vartheta_i = \frac{\vartheta_1}{-2,5 + 1,33h};$$

на участке CD, где сохраняется экспоненциальная аппроксимация распределения температуры [4],

$$\frac{\vartheta_i}{\vartheta_1} = a^l,$$

где  $a = \varphi(b, V)$ ;

$l$  – расстояние от окружности вершин зубьев до точки с радиусом  $r_i$ .

Кусочно-линейная аппроксимация вызвана двумя обстоятельствами: отличием формы зуба на различных участках по высоте и температурным напором. На участке графика АВ зуб имеет форму клина – призмы, ограниченной четырьмя поверхностями, которые обмениваются теплотой с окружающим воздухом. Температура на вершине составляет 330 °С. На участке ВС – это пластина – трапеция, ограниченная четырьмя поверхностями с температурой в сечении В, равной 58 °С, что в 6 раз ниже, чем на вершине зуба. На участке графика CD зуб имеет форму пластины, две боковых поверхности которой являются адиабатическими. На участке CD в теле зуба имеется экспоненциальное распределение температуры по высоте, аналогичное распределению температуры по радиусу диска пилы.

Характер кривых 1 и 2 одинаков, в том и другом случае по высоте зуба аппроксимация кусочная.

Экспериментальные значения температур, полученные по данным [2], не ложатся на теоретическую кривую. Это объясняется грубой аппрок-

симацией из-за небольшого количества точек, в которых фиксировали температуру. Об этом свидетельствует направление кривой на участке ВС, характеризующей темп охлаждения, который на середине зуба выше, чем на лезвии, что противоречит известным результатам исследования нагрева зуба.

Рассмотренная методика позволяет оценить тепловые потоки, поступающие к инструменту в целом.

Для оценки количества теплоты, поступающего в режущую часть, исходим из следующих соображений: установлено, что количество теплоты, поступающее в инструмент при резании, распределяется следующим образом: 80 % – на режущую часть зуба, 20 % – на диск пилы [1]. Полученные значения количества теплоты по зонам диска позволяют сделать выводы об общем количестве теплоты, отводимой из зоны резания через инструмент. Оно в 5 раз превышает количество теплоты, расходуемое на нагрев диска. Если известно, что коэффициент количества теплоты, расходуемой на нагрев диска,  $K = 0,005 \dots 0,070$ , то можно рассчитать долю теплоты, отводимой из зоны резания через инструмент в целом. Она составит  $0,025 \dots 0,350$  от количества теплоты, выделяемой в зоне резания.

Работу по оценке количества теплоты по зонам диска необходимо продолжить для экспериментальной проверки результатов принятой рабочей гипотезы распределения температуры по высоте зуба.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катков, А.Ю. О количестве поступающего тепла по зонам диска круглой пилы [Текст]: материалы научно-техн. конф. студентов и аспирантов / А.Ю. Катков, С.В. Щепочкин, В.К. Пашков: – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – С. 49–50.

2. Конов, В.Н. Исследование влияния тепловых явлений на работоспособность круглых пил [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Конов В.Н. – Л., 1979. – 20 с.

3. Пашков, В.К. Аналитический метод расчета температурного поля зуба круглой пилы [Текст] / В.К. Пашков, С.В. Щепочкин // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: сб. материалов междунар. научно-техн. конф. – Екатеринбург, 2003. – С. 128–130.

4. Пашков, В.К. Номограммы для расчета тепловых полей охлаждаемых дисков пил [Текст] / В.К. Пашков, А.С. Красиков // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств. – Л.: ЛТА, 1986. – С. 61–65.

*V.K. Pashkov, S.V. Shchepochkin*

#### **To Assessment of Heat Flows and Average Temperatures of Circular Saw Tooth**

The results of known dependencies for temperature fields of circular saw teeth are analyzed.

УДК 674.093

**В.Г. Уласовец**

Уласовец Вадим Григорьевич родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры механической обработки древесины Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 75 печатных работ в области технологии лесопильного производства и рационального раскроя пиловочного сырья на пилопродукцию.



### ПРЕДЕЛЬНЫЙ ОХВАТ ПОСТАВОМ СЕГМЕНТОВ И БОКОВЫХ БРУСЬЕВ

Выведены аналитические зависимости предельного охвата поставом сегмента и бокового бруса при распиловке бревен с формой ствола, приравненной к усеченным параболоиду и конусу.

*Ключевые слова:* сегмент, боковой брус, предельный охват, форма ствола бревна, минимальная ширина доски, минимальная длина доски.

При распиловке сегментов и боковых брусьев предельный охват поставом  $E_{\text{пред}(c)}$  вычисляют исходя из принятых минимальных ширины  $b_{\text{min}}$  и длины  $l_{\text{min}}$  выпиливаемых обрезных досок.

С учетом обозначений, принятых на рис. 1, запишем следующее выражение:

$$E_{\text{пред}(c)} = \sqrt{d_p^2 - (b_{\text{min}} + A)^2}, \quad (1)$$

где  $d_p$  – расчетный диаметр бревна, начиная с которого выпиливается доска будет иметь длину  $l_{\text{min}}$ ;

$A$  – расстояние между внутренними пластинами сегментов (или боковых брусьев) при распиловке бревна,  $A = 2C$ .

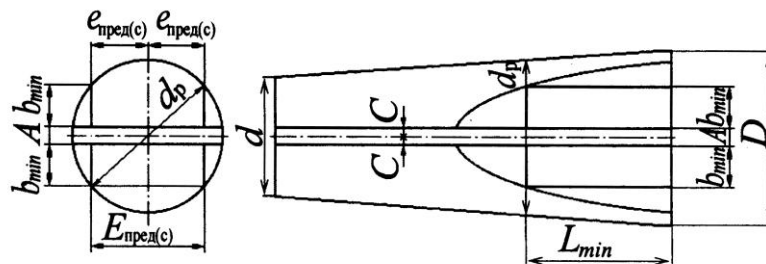


Рис. 1. Иллюстрация определения  $E_{\text{пред}(c)}$

Для бревен, форма которых приравнена к усеченному *параболоиду*, расчетный диаметр бревна определяют по формуле [2]:

$$d_{p,п} = \sqrt{D^2 - \frac{D^2 - d^2}{L} l_{\min}}. \quad (2)$$

Тогда имеем:

для постова

$$E_{\text{пред(с)п}} = \sqrt{D^2 - \frac{D^2 - d^2}{L} l_{\min} - (b_{\min} + A)^2}; \quad (3)$$

для полупостова

$$e_{\text{пред(с)п}} = \sqrt{R^2 - \frac{R^2 - r^2}{L} l_{\min} - (b_{\min} + C)^2}, \quad (4)$$

где  $D(R)$  – диаметр (радиус) бревна в комле, мм;

$d(r)$  – диаметр (радиус) бревна в вершине, мм;

$L$  – длина бревна, м;

$l_{\min}$  – минимальная длина выпиливаемой доски, м;

$b_{\min}$  – минимальная ширина выпиливаемой доски, мм.

Средний сбег  $c$  бревен, форма которых приравнена к усеченному конусу [1], рассчитывают (рис. 1) с помощью выражения

$$c = (D - d_{p,к})/l_{\min}, \quad (5)$$

откуда вычисляют расчетный диаметр бревна:

$$d_{p,к} = D - cl_{\min}, \quad (6)$$

где  $d_{p,к}$  – диаметр для формы бревна в виде конуса.

Тогда предельный охват поставом  $E_{\text{пред(с)к}}$  сегмента или бокового бруса, выпиливаемых из бревен, форма которых приравнена к усеченному конусу, определяем по формуле

$$E_{\text{пред(с)к}} = \sqrt{(D - cl_{\min})^2 - (b_{\min} + A)^2} = \sqrt{\left(D - \frac{D - d}{L} l_{\min}\right)^2 - (b_{\min} + A)^2}; \quad (7)$$

для полупостова:

$$e_{\text{пред(с)к}} = \sqrt{\left(R - \frac{R - r}{L} l_{\min}\right)^2 - (b_{\min} + C)^2}. \quad (8)$$

Из уравнений (4) и (8) видно, что для сегментов и боковых брусьев величина предельного охвата поставом всегда меньше, чем для бревен, и будет уменьшаться при увеличении  $b_{\min}$ ,  $l_{\min}$  и  $C$ .

Для бревен различной формы относительную разность (в процентах) значений предельного охвата поставом бокового бруса (сегмента) рассчитывают по следующему выражению:

$$P_{\%} = \frac{E_{\text{пред(с)п}} - E_{\text{пред(с)к}}}{E_{\text{пред(с)п}}} 100 \%. \quad (9)$$

Изменение относительной разности предельного охвата поставом боковых брусьев, выпиленных из бревен различной формы, от расстояния между внутренними пластами боковых брусьев (сегментов) приведено на рис. 2, а.

При построении графиков принимали: длина бревна – 5 м; минимальная длина выпиливаемых досок – 1 м; минимальная ширина доски –  $0,1d$ ; коэффициент сбега бревна –  $K = 1,1 \dots 1,5$ ; расстояние между внутренними пластами боковых брусьев –  $A = 0 \dots 0,3d$ .

Из приведенных на рис. 2, а формул и графиков видно, что при прочих равных условиях для боковых брусьев и сегментов, выпиленных из бревен с формой в виде усеченного параболоида, предельный охват поставом больше, чем для брусьев, выпиленных из бревен с формой, приравненной к усеченному конусу. Это можно объяснить тем, что в первом случае объем сбеговой зоны больше.

С ростом коэффициента сбега бревна относительная разность значений предельного охвата поставом сегмента (бокового бруса), связанная с формой бревна, повышается.

С увеличением расстояния между внутренними пластами боковых брусьев (сегментов) от 0 до  $0,3d$  величина относительной разности предельного охвата их поставом изменяется от 0,07 до 0,09 % при  $K = 1,1$  и от 1,03 до 1,15 % при  $K = 1,5$ .

Для бревен с различной формой ствола на рис. 2, б приведена зависимость относительной разности предельного охвата поставом сегментов (боковых брусьев) от минимальной ширины досок.

Из графиков видно, что при варьировании минимальной ширины досок в пределах  $0,1 \dots 0,2d$ , выпиливаемых из бревен длиной 5 м, и расстоянии между внутренними пластами  $0,3d$  относительная разность предельного



Рис. 2. Изменение относительной разности предельного охвата боковых брусьев от расстояния между внутренними пластами боковых брусьев (а), минимальной ширины доски (б) и длины распиливаемых бревен (в) при различных значениях  $K$ : 1 – 1,1; 2 – 1,2; 3 – 1,3; 4 – 1,4; 5 – 1,5

охвата поставом бокового бруса изменяется от 0,09 до 0,12 % при  $K = 1,1$  и от 1,15 до 1,33 % при  $K = 1,5$ .

Связь между относительной разностью предельного охвата поставом сегментов (боковых брусьев) и длиной распиливаемых бревен различной формы показана на рис. 2, в. Графики составлены для  $l_{\min} = 1$  м,  $b_{\min} = 0,15d$ ,  $A = 0,3d$ .

С ростом длины бревна предельный охват поставом боковых брусьев увеличивается, а относительная разность значений предельного охвата поставом боковых брусьев, выпиленных из бревен различной формы, уменьшается. Например, для бревен длиной 4 ... 6 м относительная разность предельного охвата поставом бокового бруса изменяется от 0,12 до 0,08 % при  $K = 1,1$  и от 1,50 до 1,04 % при  $K = 1,5$ .

Как видно из полученных данных, изменение относительной разности предельного охвата бокового бруса поставом, связанное с различной формой бревна, невелико. Однако влияние установленной связи между формой бревна и величиной предельного охвата сегмента (бокового бруса) поставом необходимо учитывать в теоретических расчетах, при определении оптимальных размеров выпиливаемых пиломатериалов и установлении границ постава.

Установленные зависимости позволяют объективно оценивать рациональность применяемых схем раскроя сегментов и боковых брусьев на пиломатериалы. Пренебрежение установленными зависимостями на практике приводит к рассеиванию ширин и длин выпиливаемых пиломатериалов, снижению их объемного и спецификационного выходов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уласовец, В.Г. Организация и технология лесопильного производства [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.Г. Уласовец. – Екатеринбург: УГЛТА, 2001. – 294 с.
2. Шапиро, Д.Ф. Лесопильно-строгальное производство [Текст] / Д.Ф. Шапиро. – Л.: Гослестехиздат, 1935. – С. 88–97.

*V.G. Ulasovets*

#### **Limiting Coverage by Supply Schedule of Segments and Stile Edges**

Analytical dependencies are derived for limiting coverage by supply schedule of segments and stile edges when sawing logs with a stem form equated with truncated paraboloid and cone.



УДК 674.093

*В.Г. Уласовец***РАСКРОЙ БОКОВЫХ БРУСЬЕВ  
НА ОБРЕЗНЫЕ ПИЛОМАТЕРИАЛЫ**

Рассмотрен рациональный раскрой боковых брусьев на обрезные пиломатериалы как частный случай раскроя сегмента.

*Ключевые слова:* сегмент, боковой брус, обрезные пиломатериалы, оптимальная ширина, оптимальная длина.

Раскрой бокового бруса с получением обрезных пиломатериалов является частным случаем раскроя сегмента, в котором решают задачи по определению ширины и длины выпиливаемых из него досок.

**Задача 1** (рис. 1, а). Доску выпиливают в зоне пропиленных в вершинном торце наружных пластей бокового бруса, т. е.  $e_i < e_{бр}$  ( $e_i$  – расстояние от центра постава до наружной пласти выпиливаемой доски;  $e_{бр}$  – расстояние от центра постава до наружной пласти бруса). При этом

$$e_{бр} = \frac{E_{бр}}{2} = \sqrt{r^2 - \left(\frac{A}{2} + h_{бр}\right)^2}, \quad (1)$$

где  $E_{бр}$  – ширина пропиленной в вершинном торце наружной пласти бокового бруса,  $E_{бр} = 2e_{бр}$ ;

$r$  – радиус бревна в вершинном торце;

$A$  – расстояние между внутренними пластиями боковых брусьев,  $A = 2C$ ;

$h_{бр}$  – толщина бокового бруса с учетом усушки по толщине.

Для принятых условий ( $e_i \leq e_{бр}$ ) оптимальная ширина обрезных досок, выпиливаемых из бруса, будет равна толщине бруса, т. е.  $b_{o(c)} = h_{бр}$ , а оптимальная длина – длине бревна, т. е.  $l_{o(c)} = L$ .

**Задача 2** (рис. 1, б). Доску выпиливают в пифагорической зоне бокового бруса, но за пределами наружной пропиленной в его вершинном торце пласти, т. е.  $e_{бр} < e_i < e_{пиф(c)}$  ( $e_{пиф(c)}$  – размер пифагорической зоны бруса).

В этом случае величину пифагорической зоны бокового бруса (сегмента) определяют по следующему уравнению [2]:

$$e_{пиф(c)п} = 0,5 E_{пиф(c)п} = \sqrt{0,5 \left\{ \left[ r^2 - R^2 \right] - \left[ C^2 + C \sqrt{2 \left[ r^2 - R^2 \right] + C^2} \right] \right\}}, \quad (2)$$

$$\text{где } E_{пиф(c)п} = \sqrt{0,5 \left\{ \left[ d^2 - D^2 \right] - \left[ A^2 + A \sqrt{2 \left[ d^2 - D^2 \right] + A^2} \right] \right\}};$$

$d$  – диаметр бревна в вершинном торце;

$D$  – диаметр бревна в комлевом торце.

Для принятых условий ( $e_{бр} < e_i < e_{пиф(c)}$ ) оптимальная длина обрезной доски, выпиливаемой из бруса, равна длине бревна, т. е.  $l_{o(c)} = L$ ; оптимальную ее ширину находят по уравнению

$$b_{o(c)} = \sqrt{r^2 - e_i^2} - C. \quad (3)$$

**Задача 3** (рис. 1, в). Доску выпиливают из параболической зоны бокового бруса, т. е.  $e_i > e_{\text{пиф}(c)}$ .

Оптимальные ширину и длину обрезной доски, выпиливаемой за пределом пифагорической зоны сегмента, определяют по уравнениям [2]:

$$b_{o(c)} = \frac{1}{3} \left[ \sqrt{3(R^2 - e_i^2) + C^2} - 2C \right]; \quad (4)$$

$$l_{o(c)} = \frac{2L}{9(R^2 - r^2)} \left\{ 3(R^2 - e_i^2) - \left[ C^2 + C \sqrt{3(R^2 - e_i^2) + C^2} \right] \right\}, \quad (5)$$

где  $R$  – радиус бревна в комлевом торце.

Проследим последовательность определения оптимальных ширины и длины обрезных досок, выпиливаемых из боковых брусьев, при  $e_i = 370$  мм для данных, взятых из работы [1].

Пусть  $d = 70$  см ( $r = 35$  см);  $K = 1,3$  (коэффициент сбега);  $D = 91$  см ( $R = 45,5$  см);  $L = 5,0$  м;  $t = 4,4$  мм (величина пропила);  $y_c = 4,4$  мм (усушка). Бревно распиливают по схеме с тремя брусьями при толщине каждого 130 мм, т. е.  $h_c = h_{\text{бр}} = 130$  мм.

Расстояние между внутренними пластинами боковых брусьев

$$A = h_c + y_c + 2t = 130 + 4,4 + 8,8 = 143,2 \text{ мм.}$$

$$\text{Отсюда } A/d = 143,2/700 = 0,2046.$$

Величину  $E_{\text{пиф}(c)}$  для боковых брусьев определим по уравнению (2):

$$E_{\text{пиф}(c)} = 2 e_{\text{пиф}(c)} = 501 \text{ мм.}$$

$$\text{Следовательно, } e_{\text{пиф}(c)} = 250,5 \text{ мм.}$$

Так как в нашем примере  $e = 370,0$  мм  $>$   $e_{\text{пиф}(c)} = 250,5$  мм, то наружная пластм исследуемой доски находится в параболической зоне сегмента, поэтому ее ширину найдем по уравнению (4), т.е.  $b_{o(c)} = 107,0$  мм. Стандартная ширина такой доски  $b_{\text{ст}} = 100$  мм.

Для определения расчетной длины полученной доски вычислим расчетный радиус бревна, при котором доска будет иметь заданную (с учетом усушки  $y_c = 2,8$  мм) ширину  $b_{\text{ст}} = 102,8$  мм:

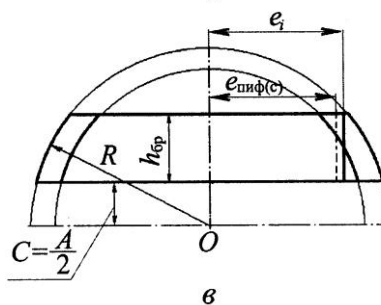
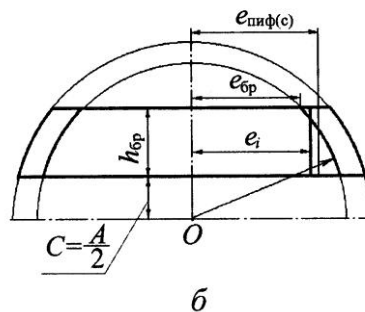
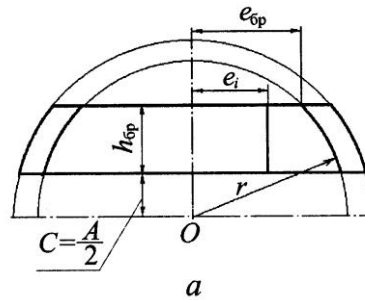


Рис. 1. Схемы раскроя бокового бруса при  $e_i < e_{\text{бр}}$  (а),  $e_{\text{бр}} < e_i < e_{\text{пиф}(c)}$  (б),  $e_i > e_{\text{пиф}(c)}$  (в)

$$r_p = \sqrt{\left(\frac{A}{2} + b_{\text{ст}} + y_c\right)^2 + e^2} = \sqrt{\left(\frac{1,6 + 100,0 + 2,8}{2} + 370,0\right)^2} = 409,0 \text{ мм.}$$

Определим расчетную длину выпиливаемой доски по формуле

$$l_p = \frac{R^2 - r_p^2}{R^2 - r^2} L = \frac{45,5^2 - 40,9^2}{45,5^2 - 35,0^2} 5,0 = 2,35 \text{ м.}$$

Примем длину доски по стандарту  $l_{\text{ст}} = 2,25 \text{ м}$ .

Площадь пласти выпиливаемой обрезной доски:  
при расчетных размерах

$$F_p = b_{\text{ст}} l_p = 0,1 \cdot 2,35 = 0,235 \text{ м}^2;$$

при стандартных размерах

$$F_{\text{ст}} = b_{\text{ст}} l_{\text{ст}} = 0,1 \cdot 2,25 = 0,225 \text{ м}^2.$$

Отметим, что при решении примера в [1] оптимальную ширину обрезных досок  $b_{\text{о.б}}$ , выпиливаемых из боковых брусьев (рис. 2), определяют по формуле

$$b_{\text{о.б}} = \frac{b_{\text{о.ш}} - (H + 2n)}{2}, \quad (6)$$

где  $b_{\text{о.ш}}$  – суммарная оптимальная ширина досок, выпиливаемых по схеме из трех брусьев, мм;

$H$  – толщина среднего бруса с припуском на усушку, мм;

$n$  – ширина пропила.

Проанализируем правомерность такого суждения для решения приведенного выше примера.

Для заданных в [1] условий значение оптимальной ширины обрезной доски  $b_o^1 = 84,9 \text{ мм}$ , тогда как стандартная ширина этой доски  $b_{\text{ст}}^1 = 80,0 \text{ мм}$  (следует отметить, что работа [1] проделана до введения в действие ГОСТ 24454–80).

Определим расчетный радиус бревна и на его основе – длину обрезной доски, выпиливаемой из бокового бруса, при  $b_{\text{ст}}^1 = 80 \text{ мм}$ :

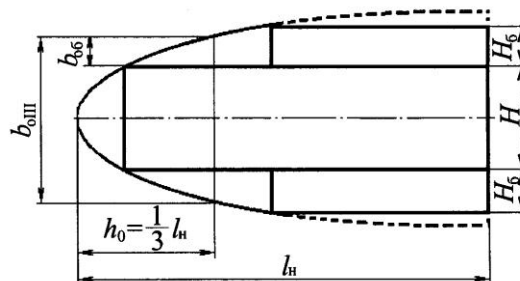


Рис. 2. Схема раскроя бревна на три бруса  
(по В.Ф. Ветшевой)

$$r_p^1 = \sqrt{\left(\frac{A}{2} + b_{\text{ст}}^1 + y_c\right)^2 + e^2} = \sqrt{\left(\frac{1,6}{2} + 80,0 + 2,4\right)^2 + 370,0^2} = 400,8 \text{ мм};$$

$$l_p^1 = \frac{R^2 - r_p^2}{R^2 - r^2} L = \frac{45,5^2 - 40,8^2}{45,5^2 - 35,0^2} 5,0 = 2,74 \text{ м}.$$

Примем стандартную длину  $l_{\text{ст}}^1 = 2,75 \text{ м}$ .

Площадь пласти выпиливаемой доски:

при расчетных размерах

$$F_p^1 = b_{\text{ст}}^1 l_p^1 = 0,08 \cdot 2,74 = 0,219 \text{ м}^2;$$

при стандартных размерах

$$F_{\text{ст}}^1 = b_{\text{ст}}^1 l_{\text{ст}}^1 = 0,08 \cdot 2,75 = 0,220 \text{ м}^2.$$

Определим процент отклонения результатов, полученных различными способами:

для расчетных размеров доски

$$\Delta\eta_p = \frac{F_p - F_p^1}{F_p^1} 100\% = \frac{0,235 - 0,219}{0,219} 100\% = 7,21\%;$$

для стандартных размеров доски

$$\Delta\eta_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{ст}} - F_{\text{ст}}^1}{F_{\text{ст}}^1} 100\% = \frac{0,225 - 0,220}{0,220} 100\% = 2,27\%.$$

Таким образом, на основании определения оптимальных размеров досок по уравнениям (4) и (5) увеличение объемного выхода выпиливаемых пиломатериалов в расчетных размерах составит 7,21 %, в стандартных – 2,27 %.

Проведенный нами анализ подтверждает значимость и важность разработанных положений по раскрою сегментов и боковых брусев. Без учета этих положений могут быть выпилены доски размерами, отличающимися от оптимальных, что приведет к снижению объемного выхода пиломатериалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ветшева, В.Ф.* Руководство по расчету поставок для распиловки пиловочного сырья диаметром 14 ... 90 см [Текст] / В.Ф. Ветшева. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1979. – 84 с.
2. *Уласовец, В.Г.* Рациональный раскрой пиловочника [Текст] / В.Г. Уласовец. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. – 278 с.

*V.G. Ulasovets*

#### **Sawing of Stile Edges into Edged Sawn Timber**

Sawing of stile edges into edged sawn timber is viewed as a special case of segment sawing.



## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.022.1:668.743.54.

***А.В. Вураско, Ю.В. Романова***

Вураско Алеся Валерьевна родилась в 1965 г., окончила в 1988 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры химии древесины и технологии ЦБП Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 70 печатных трудов в области каталитического окисления органических и неорганических соединений, каталитической варки древесины.



Романова Юлия Валерьевна родилась в 1979 г., окончила в 2003 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант кафедры химии древесины и технологии ЦБП УГЛТУ. Имеет 3 печатных труда в области каталитического окисления органических соединений.



## **СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН ПРИ СОВМЕСТНОЙ ВАРКЕ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД\***

Показана целесообразность применения катализатора при натронной варке смешанных пород древесины.

*Ключевые слова:* целлюлоза, антрахинон, натронная варка, средневзвешенная длина волокна, береза, сосна, лигнин, смешанный породный состав.

Ранее отмечено [3, 8], что совместная переработка разнопородного сырья приводит к более рациональному использованию лесных ресурсов, улучшению качества продукции, снижению затрат на производство [9].

Совместная варка древесины различных пород приводит к получению неоднородного по степени делигнификации полуфабриката. Для улучшения варочного процесса композиции пород предложено применять антрахинон (АХ). В работе [12] рассмотрена сульфатная варка целлюлозы из древесины ели (70 %) и осины (30 %) при добавлении АХ в количестве

---

\* Авторы выражают благодарность ОАО «Соликамскбумпром», в лице директора по технологиям Карелина С.К., за содействие в проведении экспериментальной части работы.

0,05 .. 0,20 % от абс. сухой древесины, при этом получается целлюлоза белимого типа с высоким выходом и удовлетворительными бумагообразующими свойствами. В работе [10] показана целесообразность варки лиственной породы с добавлением до 10 ... 15 % хвойной в условиях натронно-антрахинонового процесса в целях улучшения обезвоживания и повышения прочности.

Важную роль играют анатомическое строение и капиллярно-пористая структура древесины, которые влияют на проникновение химических агентов внутрь лигноуглеводного материала. Древесина лиственных пород состоит из узких коротких (0,3 ... 1,8 мм) клеток либриформа (до 75 %), лишенных пронизываемых пор, что затрудняет пропитку. Наличие 20 ... 30 % сосудов приводит к ускорению пропитки, но ухудшает прочностные характеристики бумаги и придает ей высокую впитываемость.

Основными элементами древесины хвойных пород являются трахеиды (90 ... 95 %) длиной до 1,5 ... 5,0 мм, которые содержат большое количество пор, что благоприятствует пропитке.

По химическому составу древесина лиственных пород содержит больше гемицеллюлоз и меньше лигнина. Основная часть лигнина у хвойных пород сосредоточена во вторичной стенке, у лиственных пород – в срединной пластинке [1].

Таким образом, особенности строения древесины лиственных и хвойных пород при совместной варке приводят к разной скорости процессов пропитки, сорбции варочных реагентов, химических реакций, следствием чего является разная степень делигнификации. Переработка получаемой целлюлозы способствует к неравномерному размолу (волокна лиственной целлюлозы разрабатываются значительно быстрее, чем хвойной), поэтому происходит завышение степени помола бумажной массы, без достаточной разработки волокон хвойных пород. Сведения по комплексному исследованию влияния АХ на свойства целлюлозных волокон при совместных варках хвойных и лиственных пород древесины в литературных источниках отсутствуют.

Цель работы – изучить свойства волокон жесткой натронной и натронно-антрахиноновой целлюлозы из древесины березы и сосны при раздельной и совместной (30 % березы + 70 % сосны) варках.

Варки проводили в автоклаве с воздушным обогревом по режиму, принятому для хвойных пород: расход активной щелочи к абс. сухой древесине – 22 % (в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$ ); гидромодуль – 1 : 4; расход АХ – 0,1 % к а.с.д.; максимальная температура варки 170 °С; время достижения максимальной температуры – 90 мин. При каталитической варке к раствору едкого натра добавляли дисперсию АХ.

Техническую целлюлозу анализировали по следующим показателям: содержание пентозанов (ТАРПИ–223 OS-62); средняя степень полимеризации (ГОСТ 9105–74); медное число (ГОСТ 9418–75);  $\alpha$ -целлюлоза (ГОСТ 6840–78); содержание эффективной щелочи в черном щелоке (по методу Кульгрена [7]).

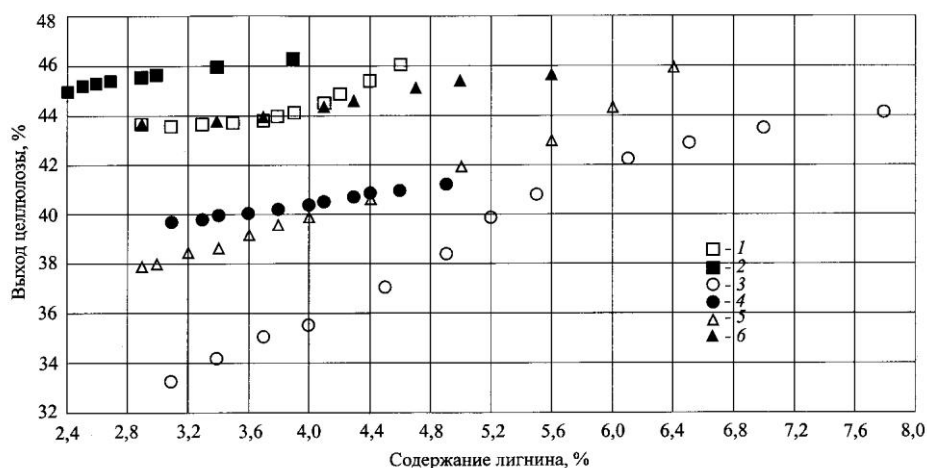


Рис. 1. Взаимосвязь между выходом технической целлюлозы и содержанием остаточного лигнина: 1 – береза, 2 – береза с АХ, 3 – сосна, 4 – сосна с АХ, 5 – сосна + береза, 6 – сосна + береза с АХ

Образцы для испытания физико-механических свойств готовили по ГОСТ 14363.4–89; прочность на разрыв (разрушающее усилие и разрывная длина) определяли по ГОСТ 1924-1; сопротивление раздиранию – по ГОСТ 13525.3–79; средневзвешенную длину волокон – на приборе КАЖАНИ FS-200.

На основании изучения кинетики варочного процесса (рис. 1) определен временной интервал для варки с получением технической целлюлозы, содержащей 4 % остаточного лигнина. Основные показатели представлены в табл. 1. В присутствии катализатора наблюдается увеличение выхода при варке как отдельной породы, так и смеси пород.

Таблица 1

#### Основные показатели технической целлюлозы

Показатель	Береза	Береза с АХ	Сосна	Сосна с АХ	Сосна + береза	Сосна + береза с АХ
Продолжительность варки, мин	215	150	270	240	360	225
Выход технической целлюлозы, %	44,6	46,3	35,3	40,4	39,9	44,4
Непровар, % от а.с.д.	–	–	0,5	–	1,0	–
α-Целлюлоза, %	79,1	78,5	78,7	84,4	85,0	82,1
Остаточный лигнин, %	4,1	3,9	4,0	4,0	4,0	4,1
Пентозаны, %	16,2	17,5	9,4	10,8	11,7	13,5
Эффективная щелочь в черном щелоке, %	0,80	1,60	0,42	1,26	0,70	0,90

Окончание табл. 1

Показатель	Береза	Береза с АХ	Сосна	Сосна с АХ	Сосна + береза	Сосна + береза с АХ
Медное число, г	0,51	0,37	0,86	0,51	1,10	0,72
Средняя степень полимеризации	1010	1230	370	680	650	730
Продолжительность размола до 60 ШР, мин	56	51	84	73	140	92
Разрушающее усилие, Н	95	109	111	123	124	125
Разрывная длина, м	8 800	10 000	10 400	11 200	11 800	12 000
Сопротивление раздиранию, мН	750	910	650	810	620	750
Предел прочности при растяжении, МПа	6	7	7	8	8	8

Для оценки физико-механических показателей получаемую техническую целлюлозу подвергали размолу в мельнице ЦРА. Кинетика размола представлена на рис. 2.

Известно [2], что физико-механические свойства технической целлюлозы, достигаемые в процессе размола волокна, зависят от распределения волокон по длине, прочности отдельных волокон и прочности межволоконных связей.

При варках с АХ наблюдается меньшее разрушение пентозанов, чем при варке без АХ, что подтверждают результаты определения остаточной эффективной щелочи в черном щелоке (табл. 1). Степень деструкции

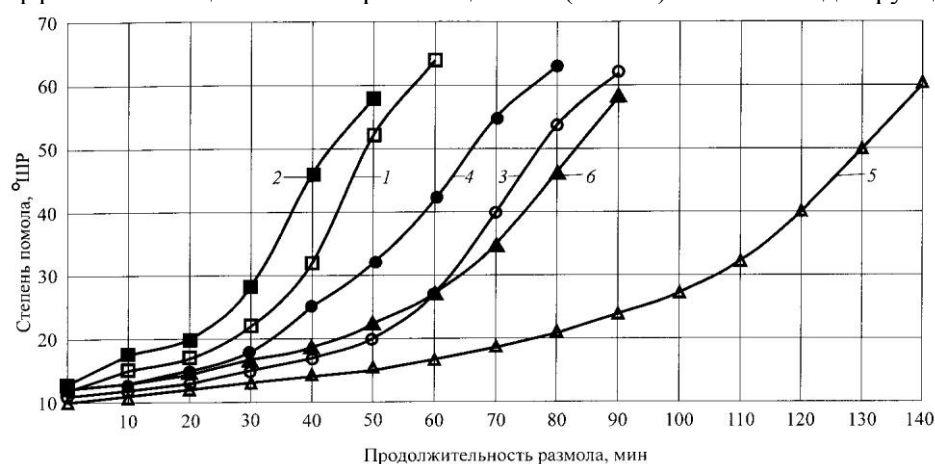


Рис. 2. Взаимосвязь между степенью помола и продолжительностью размола (см. обозначения на рис. 1)



Таблица 2

**Характеристика волокон технической целлюлозы после варки (числитель)  
и размола (знаменатель)**

Показатель	Береза	Береза с АХ	Сосна	Сосна с АХ	Сосна + береза	Сосна + береза с АХ
Средневзвешенная длина по длине, мм	<u>1,29</u>	<u>1,28</u>	<u>2,75</u>	<u>2,95</u>	<u>2,51</u>	<u>2,41</u>
	1,16	1,19	1,83	2,11	1,41	1,95
Средневзвешенная длина по массе, мм	<u>1,41</u>	<u>1,40</u>	<u>3,08</u>	<u>3,24</u>	<u>2,97</u>	<u>2,92</u>
	1,29	1,31	2,45	2,68	2,07	2,57
Грубость, мг/м	<u>0,104</u>	<u>0,109</u>	<u>0,163</u>	<u>0,159</u>	<u>0,132</u>	<u>0,109</u>
	0,110*	0,098	0,193*	0,139	0,187*	0,107
Относительное укорочение волокна при размоле, %	10,0	7,0	33,5	28,5	43,8	19,9
Относительное укорочение волокна в зависимости от наличия АХ, %		3,0		5,0		24,7

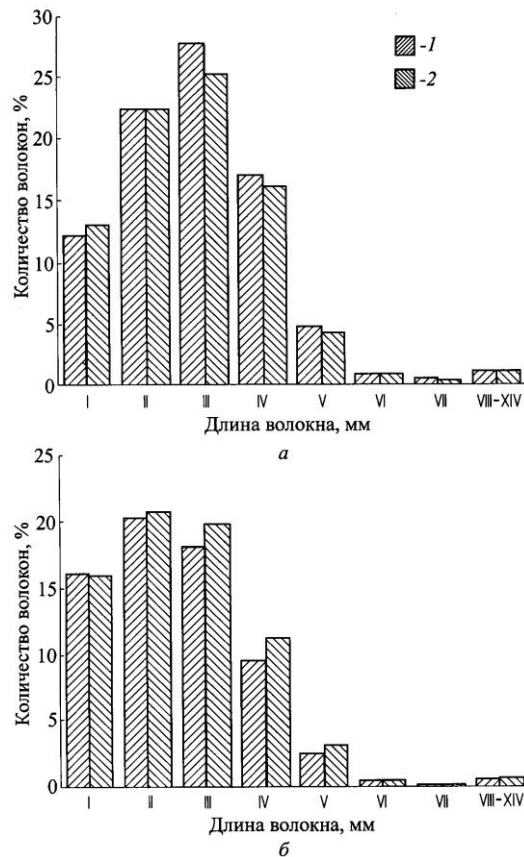
\* При размоле происходит образование большого количества волокон размером 0,1...0,8 мм, которые при расчете грубости не учитываются.

технической целлюлозы определяли по количеству редуцирующих групп, характеризующихся медным числом. Степень полимеризации характеризует длину линейной молекулы целлюлозы, от которой в значительной мере зависят физико-механические свойства целлюлозы. При варках древесины сосны и березы, а также их смеси с АХ, степень полимеризации, а следовательно, и физико-механические свойства выше, чем при отсутствии АХ.

Данные по распределению волокон по длине после варки и размола (табл. 2, рис. 3) свидетельствуют, что техническая целлюлоза из березы является коротковолокнистым полуфабрикатом. При варке с катализатором при практически равных содержании пентозанов и продолжительности размола наблюдается незначительное укорочение волокна по сравнению с некаталитической варкой. Несмотря на небольшую длину волокна, целлюлоза из березы обладает высокими прочностными характеристиками, так как в ее состав входят гемицеллюлозы. Наличие гемицеллюлоз, в частности пентозанов, способствует набуханию, пластификации волокон, снижает продолжительность размола и приводит к их лучшей фибрилляции без чрезмерного уменьшения их длины [9]. Эффект от применения катализатора при варке древесины березы заключается в сокращении продолжительности варки, увеличении выхода и повышении прочности полуфабриката за счет снижения деструкции  $\alpha$ -целлюлозы и гемицеллюлоз [4, 5].

Техническая целлюлоза из древесины сосны относится к длиноволокнистым полуфабрикатам. Сосна при варке с АХ требует меньшей продолжительности варочного процесса (что способствует сохранению максимального количества пентозанов), лучше фибриллируется, снижается продолжительность ее размола (что позволяет сохранять большее количество

Рис. 3. Распределение по длине волокон технической целлюлозы из древесины березы: *а* – после варки, *б* – после размола; 1 – натронная, 2 – натронно-антрахиноновая; I – длина волокна 0,8...1,0 мм; II – 1,0...1,2; III – 1,2...1,4; IV – 1,4...1,6; V – 1,6...1,8; VI – 1,8...2,0; VII – 2,0...2,2; VIII – 2,2...2,4; IX – 2,4...2,6; X – 2,6...2,8; XI – 2,8...3,0; XII – 3,0...3,2; XIII – 3,2...3,4; XIV – 3,4...3,6; XV – 3,6...3,8; XVI – 3,8...4,0; XVII – 4,0...4,2; XVIII – 4,2...4,4; XIX – 4,4...4,6; XX – 4,6...7,2



длинноволокнистой фракции (рис. 4)). Средняя степень полимеризации для «каталитической» целлюлозы выше в 1,8 раза. Аналогичны данные и по медному числу. Отливки технической целлюлозы из сосны имеют, несмотря на низкое содержание  $\alpha$ -целлюлозы, низкую степень полимеризации, высокие показатели разрывной длины и не требует продолжительного размола, что объясняется прочностью и длиной единичного волокна, так как разрывная длина в большей степени определяется прочностью волокна, в меньшей – силами связи между волокнами.

При раздирании относительно прочные и длинные волокна сосновой целлюлозы, расположенные поперек направления раздиранию, скорее разорвутся, чем вытянутся из толщины листа [6]. В данном случае прочность межволоконных сил связи будет преобладать над прочностью отдельного волокна.

Техническая целлюлоза, полученная при варке смеси сосны и березы, содержит коротковолокнистую и длиноволокнистую фракции, имея два максимума (рис. 5). Существенной разницы между распределением волокон по длине до и после размола для каталитической целлюлозы нет, тогда как в целлюлозе из смеси сосны и березы после размола снижается количество

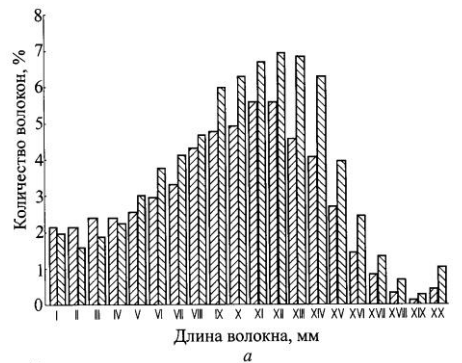


Рис. 4. Распределение по длине волокон технической целлюлозы из древесины сосны (см. обозначения на рис. 3)

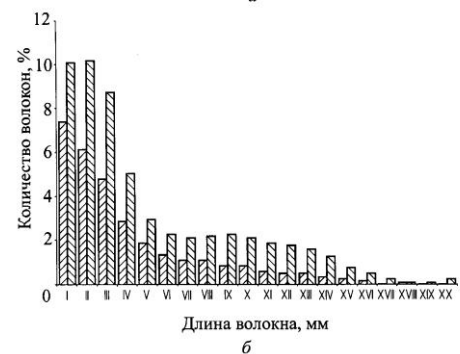


Рис. 5. Распределение по длине волокон технической целлюлозы из смеси сосны и березы (см. обозначения на рис. 3)

длинных волокон. Относительное укорочение волокна в присутствии АХ уменьшается на 24,7 %, что обусловлено снижением продолжительности размола за счет лучшей фибрилляции волокон. Эффективность фибрилляции основывается на сохранении комплекса гемицеллюлозных фракций сосны и березы, состоящих из гексозанов и пентозанов [11, 13]. Древесину березы, вероятно, можно рассматривать как «донора» гемицеллюлоз для модификации волокон сосны.

При совместной варке пород, содержащих длинные и короткие волокна, образуется система армирующий компонент – наполнитель. В качестве наполнителя выступает коротковолокнистая фракция березы с хорошо развитой фибриллированной поверхностью, обогащенной полиозным комплексом и частью мелкой фракции сосны. Армирующим компонентом является длинноволокнистая фракция волокон сосны. Подобная композиция имеет прочный каркас из армирующих волокон, между которыми равномерно располагаются мелкие волокна наполнителя, что приводит к повышению прочностных показателей.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что при натронных варках древесины березы эффект от применения катализатора за-

ключается в снижении продолжительности варочного процесса, увеличении выхода, сохранении гемицеллюлоз, улучшении прочностных характеристик; для смеси сосны и березы – наблюдается вся совокупность положительных эффектов, полученных при каталитических варках отдельных пород, к тому же образуется композиция армирующий компонент – наполнитель, которая способствует повышению прочностных свойств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азаров, В.И.* Химия древесины и синтетических полимеров [Текст] / В.И. Азаров, А.В. Буров, А.В. Оболенская. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.
2. *Аликин, В.П.* Физико-механические свойства природных целлюлозных волокон [Текст] / В.П. Аликин. – М.: Лесн. пр-сть, 1969. – 140 с.
3. *Бобров, А.И.* Производство волокнистых полуфабрикатов из лиственной древесины [Текст] / А.И. Бобров [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 248 с.
4. *Вураско, А.В.* Исследование эффективности действия антрахинона при натронной варке древесины березы 1. Влияние антрахинона на лигноуглеводный комплекс [Текст] / А.В. Вураско [и др.] // Лесн. журн. – 2002. – № 6. – С. 91–108. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Вураско, А.В.* Исследование эффективности действия антрахинона при натронной варке древесины березы 2. Влияние антрахинона на физико-механические свойства целлюлозы [Текст] / А.В. Вураско [и др.] // Лесн. журн. – 2004. – № 2. – С. 39–45. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. *Кларк, Дж.* Технология целлюлозы [Текст] / Дж. Кларк; пер. с англ. А.В. Оболенской, Г.А. Пазухиной. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 456 с.
7. *Комшилов, Н.Ф.* Сульфатный черный щелок и его использование [Текст] / Н.Ф. Комшилов. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 184 с.
8. *Пен, Р.З.* Эффективность натронно-антрахинонной варки древесины разных пород [Текст] / Р.З. Пен [и др.]. // Лиственница. – Красноярск: СТИ, 1988. – С. 106.
9. *Фляте, Д.М.* Бумагообразующие свойства волокнистых материалов [Текст] / Д.М. Фляте. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 136 с.
10. *Brown, D.W.* Countercurrent soda-anthraquinone pulping of hardwood and pine mixtures [Text] / D.W. Brown // Appita. – 1983. – 36, N 6. – P. 441–451
11. *Eachus Spencer, W.* Effect of soda – anthraquinone pulping conditions on holocellulose fibers [Text] / W.Eachus Spencer // TAPPI Journal. – 1983. – 66, N 2. – P. 85–88.
12. *Kent, W.R.* Low-sulfidity kraft-anthraquinone pulping of hardwood/softwood mixtures [Text]: Pulp. Conf., Houston, Tex., oct. 24-26, 1983 / W.R. Kent, J.V. Hatton // Pulp and Pap. Ind. (TAPPI). – 1983. Book 1. – P. 66–77.
13. *MacLeod, J.M.* The carbohydrate composition of soda-additive pulps [Text] / J.M. MacLeod, H. Iwase, H.I. Bolker // TAPPI Journal. – 1984. – 67, N 5. – P. 123–124.

*A.V. Vurasko, Yu.V. Romanova*

#### **Characteristics of Pulp Fibers in Joint Cooking of Softwood and Hardwood**

The expediency of catalyst use in soda digestion of mixed wood species is shown.

---

УДК 676.1.022.1:668.743.54.

*А.В. Вураско, Ю.В. Романова*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АНТРАХИНОНА ПРИ НАТРОННОЙ ВАРКЕ СМЕШАННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ**

Сравнительный анализ образцов целлюлозы от щелочной делигнификации древесины березы, сосны и смеси березы и сосны (30 и 70 %) показал, что в присутствии АХ получен качественный конечный продукт при сокращении продолжительности варки.

*Ключевые слова:* целлюлоза, антрахинон, натронная варка, пентозаны, береза, сосна, лигнин, смешанный породный состав.

Варка смешанных пород древесины часто приводит к получению неоднородного по степени делигнификации полуфабриката. Разница в скорости делигнификации хвойных и лиственных пород обусловлена морфологическими и анатомическими особенностями строения древесины. Это приводит к перераспределению активной щелочи в пользу более реакционноспособных компонентов древесного сырья, что усложняет выбор оптимального режима для совместной варки хвойных и лиственных пород.

Совместная переработка древесины разных пород в ЦБП является важной задачей, решение которой позволит увеличить долю относительно недорогой лиственной древесины в общем балансе древесного сырья; повысить качество полуфабриката при выборе оптимального режима варки; исключить операцию разделения по породам и упростить лесобиржевое хозяйство.

В работах [2, 3] установлена целесообразность проведения сульфатных варок смеси хвойных и лиственных пород древесины при получении целлюлозы нормального выхода. Сложности совместных варок возникают при попытке получить целлюлозу глубокой степени провара [4]. Для улучшения процесса делигнификации совместных варок рассмотрена возможность использования антрахинона (АХ). Так, в [5] показано, что в заводских условиях при противоточной варке натронной целлюлозы применение АХ позволяет использовать смесь древесины твердых пород и сосны для получения длиноволокнистой целлюлозы равномерного провара. Оптимальный состав древесного сырья: 75 ... 80 % древесины лиственной породы и 20 ... 25 % сосны.

Аналогично в присутствии АХ [6] возможно получение целлюлозы белимого типа с высоким выходом в процессе сульфатной варки смеси древесины ели (70 %) и осины (30 %) при сниженной сульфидности варочного целока.

Сульфатные и натронные варки с добавлением АХ до низкого числа Каппа проводили со смесью, состоящей из разных пород северной и южной хвойной древесины, а также со смесью разных пород северной лиственной

древесины до определенного числа Каппа (30...35 для смеси из хвойных пород и 18...22 для смеси из лиственных пород) [7]. Показано, что в присутствии АХ нет значительной потери в выходе, снижается расход хлора на отбелку, имеется возможность уменьшить сульфидность и расход активной щелочи.

Однако детального изучения процесса сульфатной и натронной варки сырья смешанного породного состава в присутствии АХ не проводилось. Цель данной работы – изучить влияние АХ на лигноуглеводный комплекс березы и сосны при отдельной и совместной натронной варке.

Определенный интерес с точки зрения переработки на целлюлозу для Уральского региона представляют береза пушистая (*Betula Pubescens*) [1] и сосна обыкновенная (*Pinus Silvestris*), благодаря их распространенности и пригодности для щелочных способов варки. Особенностью лиственных пород древесины является сложное строение лигнина, который в основном находится в срединной пластинке, высокое содержание гемицеллюлоз и относительно короткие макромолекулы полисахаридов. Сосна обладает высокой смолистостью и имеет относительно длинные волокна, по качеству целлюлозы приближаясь к ели. Основная доля лигнина сосредоточена во вторичной стенке.

Варки проводили с использованием программирования температуры в автоклаве с воздушным обогревом по режиму для хвойных пород: расход активной щелочи к абс. сухой древесине – 22 % (в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$ ); гидромодуль – 4,5; максимальная температура варки 170 °С; время достижения максимальной температуры – 90 мин. При варке смешанных пород доля березы составляла 30, сосны – 70 %. При каталитической варке к раствору едкого натра добавляли дисперсию АХ – 0,1 % от абс. сухой древесины. (Используемый в работе АХ с содержанием основного продукта 95 % получен в лабораторных условиях).

Целлюлозу анализировали по следующим показателям: степень делигнификации (ГОСТ 10070–74), содержание пентозанов (ТАРПИ–223 OS-62), средняя степень полимеризации (ГОСТ 6840–74), медное число (ГОСТ 9418–60).

По результатам определений получены следующие зависимости выхода древесного остатка  $y$  от продолжительности варки  $x$ :

береза с АХ

$$y = -0,0112x + 47,768 \text{ (коэффициент аппроксимации } R^2 = 0,9938\text{);}$$

береза

$$y = -0,0378x + 52,858 \text{ (} R^2 = 0,9847\text{);}$$

сосна с АХ

$$y = -0,0147x + 43,84 \text{ (} R^2 = 0,9938\text{);}$$

сосна

$$y = -0,046x + 52,137 \text{ (} R^2 = 0,9831\text{);}$$

сосна+береза с АХ

$$y = -0,0325x + 51,492 \text{ (} R^2 = 1\text{);}$$

сосна +береза

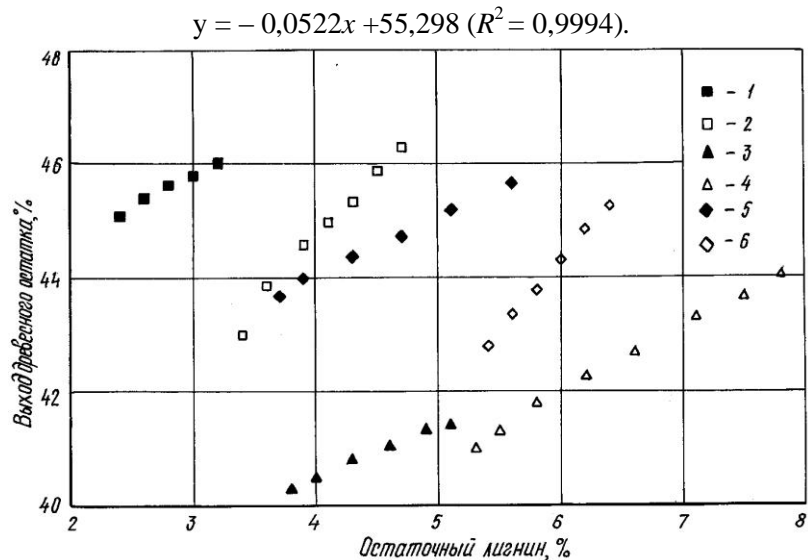


Рис. 1. Зависимость выхода древесного остатка от содержания остаточного лигнина при натронной варке древесины березы (1, 2), сосны (3, 4) и смеси березы и сосны (5, 6): 1, 3, 5 – с добавкой АХ, 2, 4, 6 – без АХ

На рис. 1 изображено влияние содержания остаточного лигнина на выход древесного остатка. Самый высокий выход отмечен при каталитической варке березы, самый низкий – при некаталитической варке сосны. Выход при варке смешанных пород древесины с АХ значительно выше, чем без АХ, при одном и том же содержании остаточного лигнина. При варке с АХ на 1 % удаляемого лигнина наблюдается меньшее разрушение холоцеллюлозы, чем без АХ, как для варок березы и сосны, так и смешанных пород древесины. При одинаковом выходе древесного остатка содержание остаточного лигнина при каталитической варке значительно ниже. В присутствии катализатора удаление лигнина происходит более селективно как для целлюлозы, полученной из смешанных пород древесины, так и для целлюлозы из березы и сосны. При такой избирательности процесса делигнификации углеводный комплекс меньше подвергается деструкции.

Из приведенной на гистограмме (рис. 2) зависимости следует, что при каталитической варке березы и сосны с увеличением продолжительности варки содержание пентозанов в древесном остатке увеличивается, тогда как при некаталитической варке – снижается. При совместных варках березы и сосны в присутствии АХ содержание лигнина уменьшается на 1,5 ... 2,0 % по сравнению с некаталитическими варками (при практически равном содержании пентозанов).

Охарактеризовать среднюю длину цепей молекул и степень деструкции целлюлозы можно, определив число редуцирующих групп путем вы-

числения медного числа древесного остатка. На рис. 3 представлена зависимость медного числа и от содержания остаточного лигнина. Самое низкое

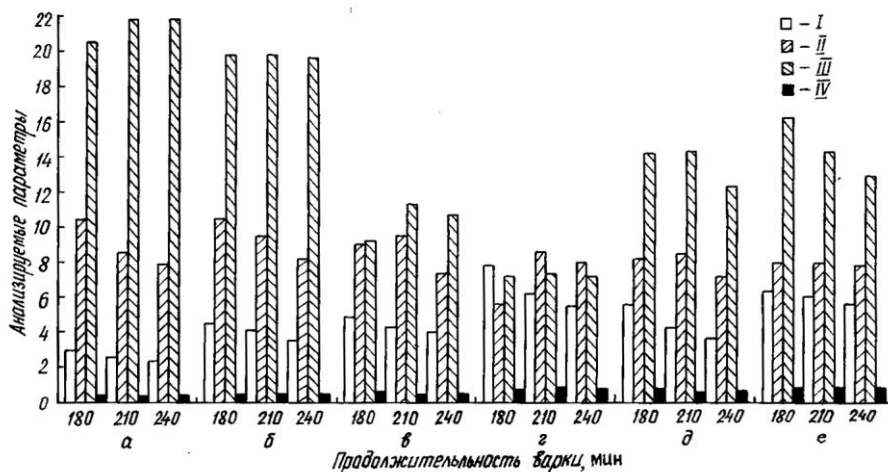


Рис. 2. Взаимосвязь анализируемых параметров целлюлозы (I – лигнин %; II – степень полимеризации (СП); III – пентозаны, %; IV – медное число, г) с продолжительностью варки (180, 210, 240 мин), породой древесины и наличием катализатора (а – береза с АХ, б – береза, в – сосна с АХ, г – сосна, д – сосна + береза с АХ, е – сосна + береза))

медное число наблюдается при каталитической варке березы, самое высокое – при совместной варке без АХ. Это объясняется тем, что совместную варку проводили по режиму хвойных пород, поэтому в то время, как хвойная древесина достигает нужной степени провара, древесина березы «переваривается». При совместной каталитической варке деструкция заметно снижена.

На гистограмме (см. рис. 2) представлена зависимость медного числа от продолжительности варки. При варке без АХ с увеличением продолжительности процесса медное число увеличивается, что свидетельствует о нарастании деструкции целлюлозы. В процессе каталитической варки этого не отмечено. При варках сосны и березы медное число ниже, чем при варке смеси березы и сосны. Следовательно, при варке смеси пород древесины деструкция целлюлозы выше, чем при варке отдельной породы.

Рис. 3. Взаимосвязь между медным числом целлюлозы и содержанием остаточного лигнина при натронной варке древесины березы, сосны и их смеси (см. обозначения на рис. 1)



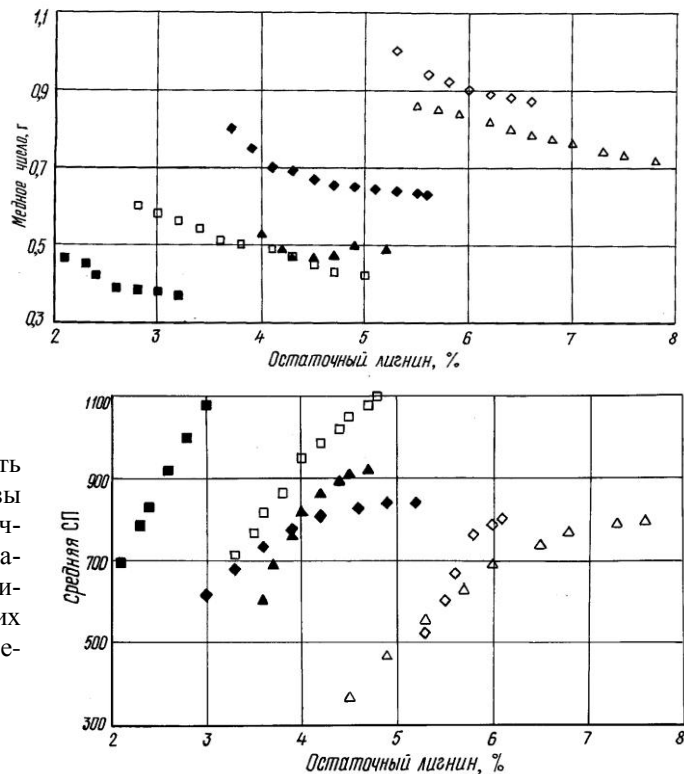


Рис. 4. Зависимость средней СП целлюлозы от содержания остаточного лигнина при натронной варке древесины березы, сосны и их смеси (см. обозначения на рис. 1)

Степень полимеризации определяет длину линейной молекулы целлюлозы и те ее свойства, которые зависят от размера макромолекулы, в том числе и физико-механические свойства целлюлозы. На рис. 4 представлена связь между средней СП и содержанием остаточного лигнина. Установлено, что СП при варках древесины сосны и березы с АХ выше, чем без АХ, при одинаковом содержании остаточного лигнина.

#### Выводы

1. Во всех варках добавка АХ в каталитических количествах увеличивает выход древесного остатка при равном содержании остаточного лигнина.
2. Добавка лиственной древесины к хвойной повышает содержание пентозанов в древесном остатке, а присутствие АХ сохраняет их в процессе делигнификации.
3. При варке смешанных пород в присутствии АХ за счет селективного удаления лигнина появляется возможность снизить продолжительность варки на 30 ... 60 мин в зависимости от требуемого качества полуфабриката.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вураско, А.В. Исследование эффективности действия АХ при натронной варке березы. 1. Влияние АХ на лигноуглеводный комплекс [Текст] / А.В. Вураско, А.К. Жвирблите, А.Я. Агеев // Лесн. журн. – 2002. – № 6. – С. 91–97. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Косая, Г.С. Исследование процесса расворения лигнина и углеводов березовой и лиственничной древесины при раздельной и совместной варке [Текст] / Г.С. Косая, И.С. Иванова, В.В. Долинко // Тр. ВНИИБ. – 1972. – Вып. 61. – С. 83.

3. Косая, Г.С. Сравнение процесса варки древесины сосны, березы и осины по показателю избирательности процесса делигнификации и расходу щелочи [Текст] / Г.С. Косая, Л.И. Лузина, В.В. Долинко // Тр. ВНИИБ. – 1972. – Вып. 61. – С. 77.

4. Мельниченко, Е.Д. Экономическая эффективность производства сульфатной целлюлозы из древесины лиственницы [Текст] / Е.Д. Мельниченко // Лиственница. – Красноярск: СТИ, 1985. – С. 114.

5. Brown, D.W. Противоточная натронно-антрахинонная варка целлюлозы из смеси древесины твердых пород и древесины сосны [Текст] / D.W. Brown, K.N. Maddern, J.P. Mulcahy // Appita. – 1983. – 36, N 6. – P. 441–451.

6. Kent, W.R. Сульфатно-антрахинонная варка целлюлозы из смеси твердых и мягких пород древесины при низкой сульфидности [Текст] / W.R. Kent, J.V. Natton // Proc. Techn. Pulp and Pap. Ind. (TAPPI). Book 1: Pulp. Conf., Houston, Tex., Oct. 24–26, 1983. – Atlanta: Ga, 1983. – P. 66–77.

7. Lynda, G. Low-kappa pulping without capital investment: using anthraquinone for low-kappa pulping [Text] / G. Lynda, S. Pitl, Y. Pitl // TAPPI Journal. – 1987. – 70, N 7. – P. 95–100.

*A.V. Vurasko, Yu.V. Romanova*

### **Study of Anthraquinone Efficiency at Alkaline Process of Mixed Wood Species**

Comparative analysis of cellulose samples resulting from alkaline delignification of birch and pine wood and birch and pine wood mixture (30% and 70%) has shown that qualitative end product is obtained under pulping time reduction in the presence of anthraquinone.

---

УДК 676.1.038.2

*М.А. Агеев, Н.Л. Медяник, А.Я. Агеев***ВЛИЯНИЕ ХИМИКАТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФЛОТАЦИОННОГО ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ МАКУЛАТУРЫ**

Установлены оптимальные концентрации химикатов (NaOH – 1,0 %, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> – 3 %, миристиновая кислота – 1,0 %) для достижения наибольшей эффективности очистки макулатуры по показателям загрязненности и белизны.

*Ключевые слова:* флотация, облагораживание макулатуры, бумага, пузырек воздуха, химикаты флотационного облагораживания.

Одной из основных тенденций развития производства бумаги является увеличение использования в ее композиции макулатурного волокна. Применение макулатуры имеет существенное народно-хозяйственное значение, выражающееся в экономии лесных богатств, энергетических ресурсов и химикатов, сокращении капиталовложений в лесозаготовительную и целлюлозно-бумажную промышленность, снижении транспортных расходов, экономии трудовых затрат. Кроме того, сбор макулатуры способствует улучшению санитарного состояния городов и сокращению объема бытовых отходов.

6\*

Материал, заменяемый на 1 т макулатуры	Количество заменяемого материала, м <sup>3</sup>	Экономия		
		электроэнергии, кВт · ч	теплоты, ГДж	воды, м <sup>3</sup>
Древесная масса	2,6	784,8	0,3	4,2
Полуцеллюлоза	2,8...3,2	174,0	9,3	32,1
Целлюлоза	4,8	130,3	14,5	106,6

В таблице, по материалам В.Е. Шамко [2], приведены данные о экономии материальных и энергетических ресурсов в производстве бумаги и картона при замене древесной массы, полуцеллюлозы, целлюлозы на 1 т макулатуры.

Ускоренными темпами совершенствуется одна из самых перспективных технологий переработки макулатуры – ее облагораживание.

Облагораживание макулатуры (очистка от типографской краски и чернил) представляет особый интерес. Применяемые за рубежом технические приемы облагораживания макулатуры можно разделить на два основных вида: промывание и флотация. Приемы в зависимости от характера связи между пигментом краски и бумажной основой имеют одну и ту же первоначальную стадию – извлечение типографской краски из бумажной основы путем сочетания теплового, химического и механического воздействий.

Флотационный метод основан на физических, физико-химических и химических явлениях, происходящих во флотационной пульпе. При этом решающее значение имеют поверхностные явления вблизи поверхности раздела фаз, в результате которых образуются флотационные комплексы, состоящие из частиц и пузырьков. Избирательное прикрепление частиц к воздушному пузырьку – это элементарный акт пенофлотационного процесса.

Очистка макулатурной суспензии от загрязнений, и в первую очередь от типографской краски, осуществляется во флотационных камерах путем барботирования пузырьков воздуха через суспензию, в которой равномерно распределены частицы типографской краски (среднестатистические размеры частиц краски – от 5 до 20 мкм [1]).

Основные физико-химические процессы флотации можно разделить на две стадии [5]:

разрушение связи между макулатурным волокном и печатной краской;

разделение частиц печатной краски и очищенной массы.

Важное влияние на процессы, происходящие на обеих стадиях, оказывают применяемые химикаты. От них зависит извлекаемость волокна, отделяемость частиц типографской краски, смачиваемость, осаждение частиц краски, дисперсионные свойства, флокуляция, образование агломератов, окисление хромофорных групп.

Как отмечалось в работе [5], важно соблюдать точный баланс между химикатами, так как они оказывают не только позитивное, но и негативное действие. Так, применение гидроксида натрия (NaOH) наряду с желаемым эффектом установления pH и омылением жирных и смоляных кислот, приводит к пожелтению и потемнению волокон макулатуры, содержащей древесную массу. Необходимо отметить, что химикаты воздействуют только на волокна и связующие вещества печатной краски, но не на цветные пигменты.

Использование NaOH обосновано широким диапазоном его действия. Во-первых, он омыляет применяемые при облагораживании жирные и смоляные кислоты с образованием солей, являющихся поверхностно-активными веществами (ПАВ), а также снижающих поверхностное натяжение и улучшающих смачивание комплекса волокно–печатная краска. Кроме того, ПАВ вступают в реакцию с солями жесткости воды, образуя мицеллы «собиратели», которые окружают частицы краски [1]. Во-вторых, гидроксид натрия разрушает связующие вещества печатных красок [2], в-третьих – служит для установления желаемого значения pH от 9,5 до 11,0 [5]. Волокна и частицы печатной краски приобретают благодаря присутствию большего количества ионов  $\text{OH}^-$  в этой области pH отрицательный заряд, что приводит к появлению сил отталкивания и усилению отрыва частиц краски от волокон [5]. Кроме того, указанные значения pH необходимы для оптимального действия пероксида водорода

$H_2O_2$ , который применяется для предотвращения или минимизации пожелтения и потемнения волокон.

Применяемый при флотации силикат натрия служит буфером рН-среды, т.е. предотвращает обратное осаждение отделенных частиц печатной краски на поверхность волокон, связывает цветные пигменты, а также является стабилизатором условий для действия  $H_2O_2$ , связывая тяжелые металлы [5].

Из вышеизложенного очевидно, что важную роль имеют количественные соотношения химикатов, используемых в процессе флотации.

Процесс облагораживания с применением флотации можно контролировать различными способами. В нашей работе для оценки эффекта флотации использованы оптические характеристики бумажного листа: степень белизны, измеренная при длине волны 457 нм, и загрязненность (количество загрязнений – частиц краски на  $1\text{ м}^2$ ).

Были проведены две серии экспериментов по облагораживанию макулатуры по схеме, представленной на рис. 1.

*В первой серии* независимо друг от друга варьировали концентрации NaOH и  $Na_2SiO_3$ , концентрация миристиновой кислоты (1,0 %) и жесткость воды (185 мг  $Ca(OH)_2$  в 1 л воды) оставались постоянными. Пероксид водорода не применяли.

В первой части первой серии изменяли концентрацию гидроксида натрия, при этом силикат натрия не использовали. При увеличении концентрации NaOH отмечено явное повышение белизны (рис. 2, а). Этот факт объясняется тем, что сначала миристиновая кислота омыляется, образуются ПАВ, которые своим действием понижают поверхностное

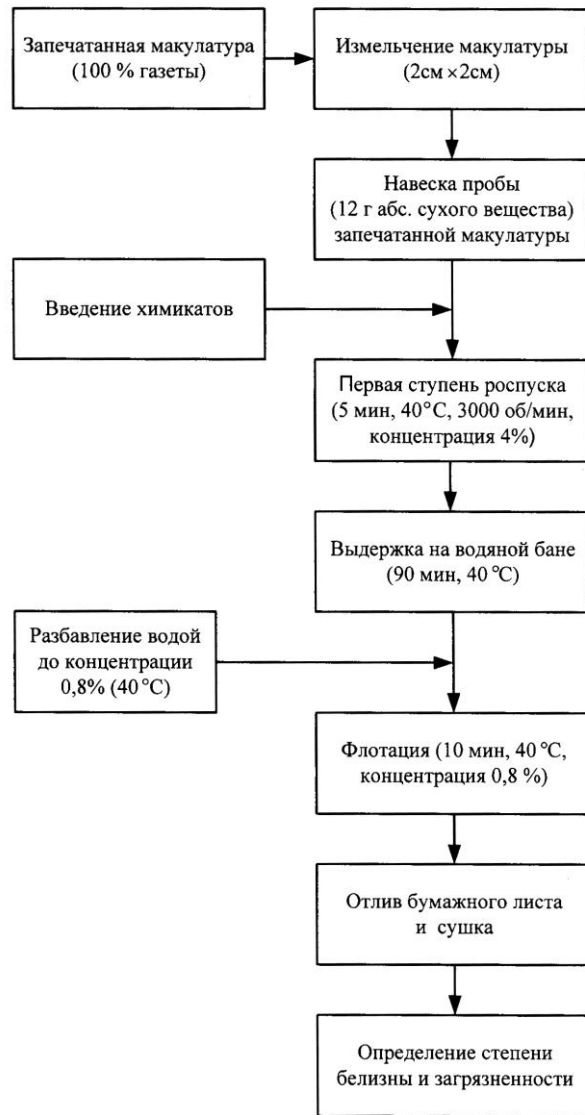


Рис. 1. Схема проведения эксперимента

натяжение воды. Одновременно ПАВ вступают в реакцию с ионами  $\text{Ca}^{2+}$  (соли жесткости воды), окружают частицы печатной краски (образование мицелл), тем самым делая их способными к флотации. Отмеченное повышение белизны имеет максимум.

Во второй части этой серии изменяли концентрацию  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  при постоянстве концентрации  $\text{NaOH}$  (1,0 %). Повышение белизны не так существенно, как в начальной стадии первой части (рис. 2, б).

Благодаря увеличению концентрации ионов  $\text{Na}^+$  за счет добавления  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , повышается концентрация поверхностно-активных молекул

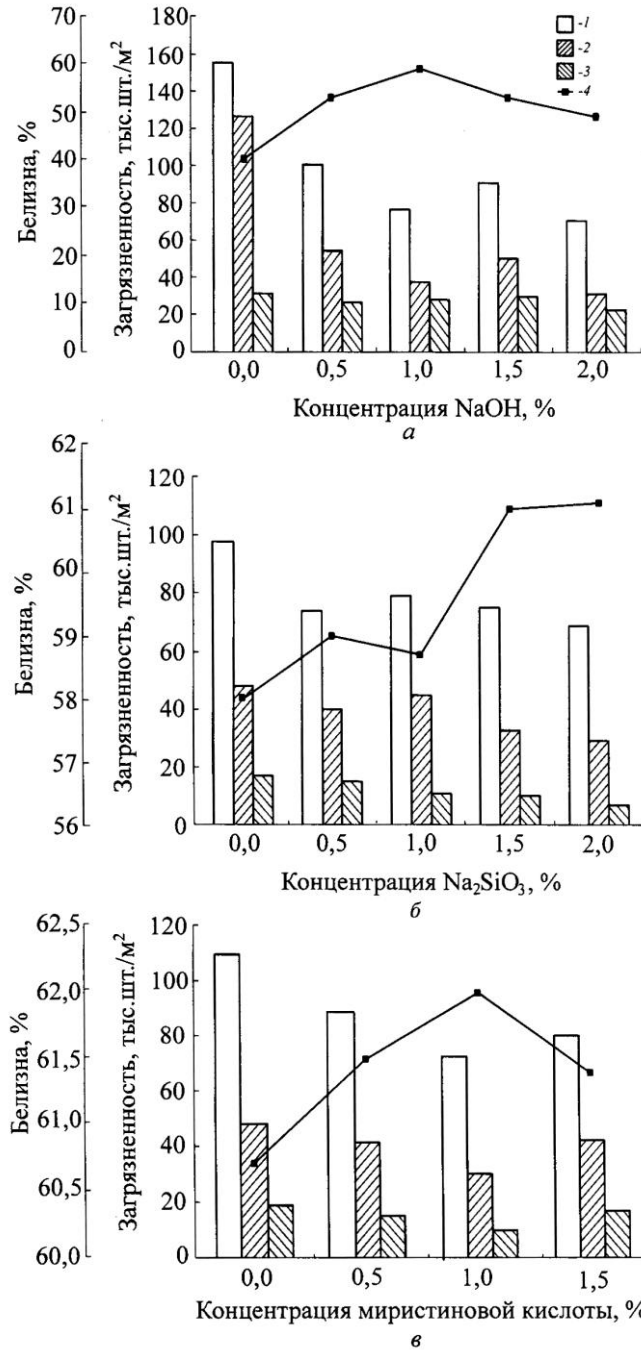


Рис. 2. Зависимость загрязненности (1 – 3) и белизны (4) от концентрации NaOH (а), Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (б) и миристиновой кислоты (в): 1 – размер частиц 1...50 мкм, 2 – 50...100; 3 – более 100 мкм

вследствие усиления омыления миристиновой кислоты. Увеличение концентрации активных молекул ведет к образованию мицелл не только с печатной краской, но и с другими мелкими фракциями, которые удаляются при флотации. Вследствие того, что  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  не увеличивает, а только стабилизирует pH, при его добавлении не происходит пожелтения волокон – снижения белизны.

В условиях экспериментов первой серии зарегистрировано сильное снижение загрязненности (уменьшение количества частиц с размерами 1 ... 50 мкм и 50 ... 100 мкм). Также отмечено уменьшение количества частиц и других размеров, но в меньшей степени (рис. 2, 3).

Снижение загрязненности объясняется действием миристиновой кислоты, т.е. образованием мицелл, которые связывают мелкие частицы, гидрофобизируют их поверхность и создают предпосылки для их отложения на поверхности пузырьков воздуха при флотации. Но это относится только к очень мелким частицам.

*Во второй серии* экспериментов исследовали влияние концентрации миристиновой кислоты на белизну и загрязненность. Концентрацию миристиновой кислоты измеряли от 0 до 1,5 %. Концентрации NaOH и  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (соответственно 1,0 и 3,0 %) и жесткость воды (185 мг  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в 1 л) оставались постоянными. Пероксид водорода не применяли.

Как видно из рис. 2, в, белизна, измеренная при длине волны 457 нм, с увеличением концентрации миристиновой кислоты непрерывно возрастает и при концентрации 1,0 % достигает максимума. Наличие максимума объясняется тем, что в суспензии находится ограниченное количество ионов  $\text{Ca}^{2+}$  (185 мг/л), соответственно в реакцию вступает только определенное количество миристиновой кислоты с образованием определенного количества мицелл, способных к флотации.

В ходе экспериментов второй серии зарегистрировано повышение загрязненности отливок (рис. 2, в). Объяснить это можно за счет того, что при малых концентрациях частицы хотя и могут быть отделены от волокна при омылении связующих веществ, но реакция ПАВ с содержащимися в воде ионами  $\text{Ca}^{2+}$  препятствуют этому. Кроме того, отделившиеся частицы, не образовавшие мицеллы, связываются в суспензии, тем самым повышая загрязненность.

Таким образом, эффективность флотации зависит от наличия химикатов и их концентрации. Так, для макулатурной массы из газетной бумаги установлены следующие оптимальные концентрации: NaOH – 1,0 %,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  – 3,0 %, миристиновая кислота – 1,0 %. Эти соотношения дают наилучший эффект облагораживания изученной суспензии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, М.А. Дис. ... канд. технич. наук [Текст]. – Екатеринбург, 1999.
2. Наумов, В.А. Начала полиграфического материаловедения [Текст]: уч. пособие / В.А. Наумов. – М., 2002. – 118 с.



3. Шамко, В.Е. Экономические и экологические аспекты использования макулатуры в СССР [Текст] / В.Е. Шамко // Целлюлоза, бумага и картон: информ. сб. / ВНИИПИЭИлеспром. – М., 1989. – Вып. 17. – 21 с.

4. Ferguson, L.D. Deinking Chemistry [Text] / L.D. Ferguson // TAPPI. Deinking Short Course. – Abschnitt «Deinking Chemistry». – 1993

5. Papiertechnische Stiftung für Forschung und Ausbildung in Papiererzeugung und Papierverarbeitung [Text] // Grundlagen der Chemie für Papierengeieure. – Teil 1, Kapitel 3.4. – 1991.

*M.A. Ageev, N.L. Medyanik, A.Ya. Ageev*

### **Influence of Chemicals on Efficiency of Flotation Wastepaper Recovery**

Optimal concentrations of chemicals (NaOH – 1,0 %,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  – 3 %, myristic acid – 1,0 %) are set for achieving highest efficiency of wastepaper treatment according to parameters of contamination and brightness.

---

УДК 676.028.3

*Н.В. Куцубина, С.Н. Удинцева*

Куцубина Нелли Валерьевна родилась в 1965 г., окончила в 1988 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования целлюлозно-бумажного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 20 работ в области виброзащиты и диагностики оборудования предприятий лесопромышленного комплекса.



Удинцева Светлана Николаевна родилась в 1968 г., окончила в 1990 г. Уральский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 10 печатных работ в области математического моделирования вибрационных процессов в оборудовании ЦБП.



### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАМОТКИ РУЛОНОВ БУМАГИ НА ПРОДОЛЬНО-РЕЗАТЕЛЬНЫХ СТАНКАХ\***

Выявлены зависимости радиальных и касательных напряжений по толщине рулона, возникающих при намотке бумаги; установлено распределение давления между слоями в рулоне в зависимости от его радиуса и действующего суммарного натяжения бумаги.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, бумага, намотка рулонов, плотность намотки, радиальные и касательные напряжения, давление.

Обеспечение заданной плотности рулонов бумаги потребительских размеров – важнейшее требование к продольно-резательным станкам и другим отделочным машинам. Это обусловлено необходимостью сохранения формы рулона при его транспортировании и хранении, а также требованиями к равномерности натяжения бумаги при размотке рулонов на типографских машинах [2, 3]. Плотность рулона характеризуется давлением между слоями бумаги, которое зависит от давления, вызываемого натяжением каждого наматываемого на рулон слоя бумаги. Натяжение поверхностного слоя обусловлено натяжением бумаги между раскатом и несущим валом, силой прижима рулона к несущим валам и дополнительными тангенциальными усилиями на поверхностный слой бумаги приводного, прижимного и второго несущего валов. Управление качеством намотки рулонов осуществляется с учетом перечисленных факторов.

Цель статьи – определить радиальные и касательные напряжения в толще рулона в зависимости от натяжения поверхностных слоев бумаги при ее намотке в рулон.

---

\* Статья подготовлена под руководством проф. А.А. Санникова.

Принимаем, что рулон бумаги представляет собой упруго деформируемое тело, в объеме которого возникают радиальные (нормальные)  $\sigma_r$  и касательные  $\sigma_t$ , напряжения. Для моделирования напряженного состояния рулона воспользуемся теорией плоской деформации толстостенных цилиндров, нагруженных постоянным по периметру и длине давлением  $p$  [1]. Величина этого давления пропорциональна линейному натяжению бумаги  $q$  и обратно пропорциональна радиусу рулона  $r_p$ :  $p = q / r_p$ .

Рассмотрим толстостенный цилиндр с наружным радиусом  $r_p$  и внутренним радиусом, равным радиусу гильзы  $r_r$ . На цилиндр действует равномерно распределенное давление  $p$  от натяжения поверхностного слоя бумаги (рис. 1).

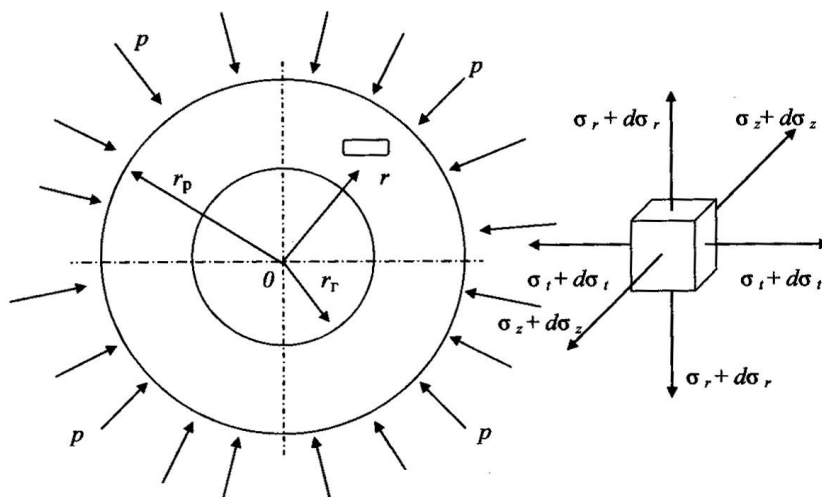


Рис. 1. Напряжение в толстостенном цилиндре

Введем обозначения:

$\sigma_r, \sigma_t, \sigma_z$  – радиальное, касательное и аксиальное напряжения;

$\varepsilon_r, \varepsilon_t, \varepsilon_z$  – относительные удлинения в соответствующих направлениях;

$\rho$  – безразмерный текущий радиус рулона,  $\rho = r/r_p$ ;

$r$  – радиус рулона для слоя, в котором определяют напряжение;

$k$  – отношение внутреннего радиуса рулона к наружному,  $k = r_r/r_p$ ;

$u$  – радиальное перемещение;

$i$  – количество слоев в рулоне;

$E_b$  и  $E_p$  – модуль продольной упругости бумаги и рулона;

$q$  – натяжение бумаги;

$\delta$  – толщина бумаги;

$\mu$  – коэффициент Пуассона.

На рулон не действуют продольные силы, поэтому  $\sigma_z = 0$ .

Напряжения  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  удовлетворяют условию равновесия

$$\frac{d(\rho\sigma_r)}{d\rho} - \sigma_t = 0. \quad (1)$$

Деформации  $\varepsilon_r$  и  $\varepsilon_t$  связаны с радиальными перемещениями следующими уравнениями:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{r_p} \cdot \frac{du}{d\rho}; \quad \varepsilon_t = \frac{1}{r_p} \cdot \frac{u}{\rho}. \quad (2)$$

Исключив из уравнений (2) радиальные перемещения, перейдем к уравнению совместности деформаций:

$$\frac{d}{d\rho}(\rho\varepsilon_t - \varepsilon_r) = 0.$$

Выразив деформации через напряжения с помощью закона Гука, получим

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E_p}(\sigma_r - \mu\sigma_t); \quad \varepsilon_t = \frac{1}{E_p}(\sigma_t - \mu\sigma_r); \quad \varepsilon_z = \frac{1}{E_p}(-\mu\sigma_r - \mu\sigma_t).$$

Учитывая, что  $\frac{d\sigma_z}{d\rho} = 0$ , преобразуем уравнение совместности, выраженное через напряжения, к виду

$$\frac{d}{d\rho}(\rho\sigma_t) - \sigma_r - \mu \left[ \frac{d}{d\rho}(\rho\sigma_r) - \sigma_t \right] = 0. \quad (3)$$

При совместном решении уравнений (2) и (3) получим:

$$\sigma_r = A - B \frac{1}{\rho^2}; \quad \sigma_t = A + B \frac{1}{\rho^2}.$$

Произвольные постоянные  $A$  и  $B$ , возникающие при интегрировании дифференциальных уравнений, могут быть найдены из граничных условий при  $r = r_r$ ;  $\rho = k$ ;  $\sigma_r = 0$  и при  $r = r_p$ ;  $\rho = 1$ ;  $\sigma_r = -p$ .

Определим  $A$  и  $B$ :

$$A = -\frac{p}{1-k^2}; \quad B = -\frac{pk^2}{1-k^2}.$$

Учитывая, что  $r_p = r_r + i\delta$ , получим формулы для нахождения радиальных и касательных напряжений  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  в отдельно взятом слое в зависимости от натяжения поверхностного слоя бумаги без учета действия натяжения нижележащих слоев:

$$\sigma_r = -\frac{q}{(r_r + i\delta) \left( 1 - \frac{r_r^2}{(r_r + i\delta)^2} \right)} \left( 1 - \frac{r_r^2}{r^2} \right); \quad (4)$$

$$\sigma_t = - \frac{q}{(r_r + i\delta) \left( 1 - \frac{r_r^2}{(r_r + i\delta)^2} \right)} \left( 1 + \frac{r_r^2}{r^2} \right). \quad (5)$$

Из зависимостей (4) и (5) следует, что радиальные напряжения уменьшаются от поверхностности к центру рулона, а касательные возрастают, если рассматривать напряженное состояние в зависимости от воздействия натяжения поверхностного слоя.

По напряжениям  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  определим радиальное перемещение слоя с радиусом  $r$ :

$$u_r = \frac{1}{E_p} (\sigma_t - \mu \sigma_r) r. \quad (6)$$

На промежуточный слой бумаги радиуса  $r$  действует давление от всех вышележащих (по радиусу) слоев бумаги, поэтому необходимо провести суммирование напряжений в рулоне на текущем радиусе  $r$  под действием натяжения всех вышележащих (по радиусу) слоев бумаги с учетом радиальной деформации рулона под воздействием суммарных нагрузок. Полагая, что при намотке рулона натяжение бумаги было неизменным, и пренебрегая ползучестью и релаксацией напряжений в бумаге, получим следующие зависимости для определения напряжений  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  в отдельном слое бумаги на текущем радиусе  $r$  с учетом действия всех намотанных выше слоев бумаги:

$$\sigma_r = - \sum_{i=N_R}^N \frac{q}{(r_r + i\delta) \left( 1 - \frac{r_r^2}{(r_r + i\delta)^2} \right)} \left( 1 - \frac{r_r^2}{r^2} \right); \quad (7)$$

$$\sigma_t = - \sum_{i=N_R}^N \frac{q}{(r_r + i\delta) \left( 1 - \frac{r_r^2}{(r_r + i\delta)^2} \right)} \left( 1 + \frac{r_r^2}{r^2} \right), \quad (8)$$

где  $N$  – полное число витков бумаги в рулоне,  $N = (r_p - r_r) / \delta$ ;

$N_R$  – число витков бумаги в рулоне от радиуса  $r$  до радиуса  $r_p$ ,

$$N_R = (r_p - r) / \delta.$$

Под действием давления вышележащих слоев бумаги рулон деформируется, радиус  $r$  уменьшается на величину  $\Delta u$ , определенную по формуле (6). При этом натяжение бумаги в нижележащих слоях уменьшается по сравнению с натяжением при намотке на величину  $\Delta q_1 + \Delta q_2$ .

Согласно закону Гука,

$$\Delta q_1 = \frac{\Delta u}{r} E_0 \delta.$$

Величину  $\Delta q_2$ , появляющуюся из-за отрицательных касательных напряжений, определим по формуле

$$\Delta q_2 = \sigma_r \delta.$$

Тогда натяжение бумаги в отдельном слое

$$q_i = q_{i+1} - \Delta q_1 - \Delta q_2, \tag{9}$$

где  $q_{i+1}$  – натяжение бумаги в предыдущем слое.

Используя формулы (7) и (8), можно найти суммарное натяжение бумаги в слое  $j$ . Введем обозначение:

$$S_j = \left[ \left( \frac{E_\delta}{E_p} + 1 \right) \left( 1 + \frac{r_r^2}{(r_r + j\delta)^2} \right) - \frac{E_\delta}{E_p} \mu \left( 1 - \frac{r_r^2}{(r_r + j\delta)^2} \right) \right].$$

Тогда

$$q_j = \sum_i q_{i+1} \left[ 1 - \frac{\delta S_j}{(r_r + i\delta) \left( 1 - \frac{r_r^2}{(r_r + i\delta)^2} \right)} \right]. \tag{10}$$

С учетом натяжения бумаги  $q_i$  определим давление между слоями бумаги в рулоне:

$$p_j = \sum_i \frac{q_{i+1}}{(r_r + i\delta)} \left[ 1 - \frac{\delta S_j}{(r_r + i\delta) \left( 1 - \frac{r_r^2}{(r_r + i\delta)^2} \right)} \right]. \tag{11}$$

Численные расчеты по зависимостям (10), (11) подтвердили достоверность модели [4]. На рис. 2 в качестве примера приведены зависимости,

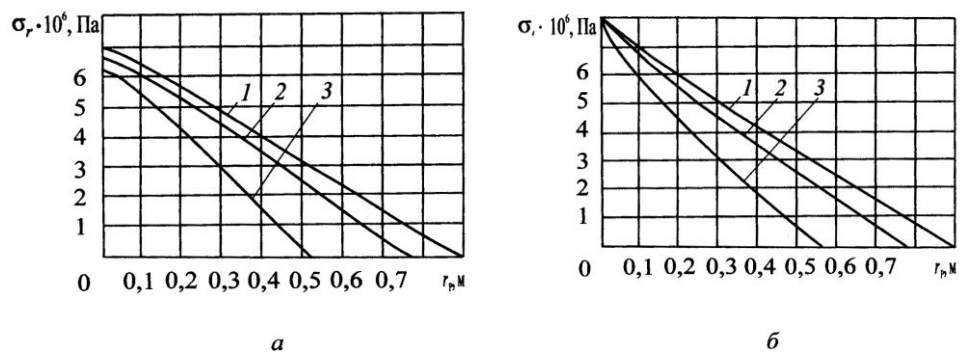


Рис. 2. Зависимость радиальных  $\sigma_r$  (а) и касательных  $\sigma_t$  (б) напряжений в рулоне бумаги радиусом: 1 – 0,90 м; 2 – 0,78; 3 – 0,56 м

отражающие изменения радиальных и касательных напряжений по толщине рулона бумаги (толщина 0,0002 м, линейное натяжение  $q = 1,6$  кН/м).

Регулирование напряженного состояния в толще рулона можно осуществлять изменением натяжения бумаги в процессе намотки. Полученные зависимости (10) и (11) являются основой для оптимизации процесса управления намоткой рулонов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчеты на прочность в машиностроении [Текст]: справочник: в 3 т./ под ред. С.Д. Пономарева. – М.: Машгиз, 1959. – 1118 с.
2. *Смирнов, Ю.Н.* Исследование намотки рулонов на накатах отделочных станков [Текст] / Ю.Н. Смирнов, А.В. Столяров // Бумагоделательное машиностроение. – Л.: ЦНИИбуммаш, 1978. – Вып. 23. – С. 101–105.
3. *Смирнов, Ю.Н.* Расчет напряжений в рулоне из вязкоупругого материала [Текст] / Ю.Н. Смирнов, Е.М. Глезин // Создание бумагоделательного оборудования для выработки бумаги и картона с использованием вторичного сырья: сб. тр / ЦНИИбуммаш. – Л.: ЦНИИбуммаш, 1983. – С. 105–114.
4. *Удинцева, С.Н.* Вибрационные процессы при намотке рулонов бумаги на продольно-резательных станках [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Удинцева С.Н. – Екатеринбург, 2004. – 174 с.

*N.V. Kutsubina, S.N. Udintseva*

#### **Mathematical Simulation of Paper Rolling Processes on Slitting Machines**

Dependencies of radial and tangent tension along the roll thickness appearing in paper rolling process are discovered. Pressure distribution between paper layers in the roll is established depending on its radius and acting total paper tension.

---



УДК 630\*24

*А.Г. Магасумова, М.Г. Ежова*

Магасумова Альфия Гаптрауфовна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. лесохозяйственный факультет Уральской государственной лесотехнической академии, в 2003 г. – экономический факультет Уральского государственного лесотехнического университета, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом аспирантуры и докторантуры УГЛТУ. Имеет 7 печатных работ в области лесоводства.



Ежова Марина Германовна родилась в 1971 г., окончила в 1993 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экономики, кафедры транспорта и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 30 печатных работ в области экономики предприятий лесного комплекса, лесоводства.



## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ

Рассмотрены два способа проведения рубок обновления в лесах Среднего Урала, дано их экономическое обоснование.

*Ключевые слова:* способы рубок обновления, трудозатраты, прибыль.

В современных рыночных условиях бюджетное финансирование лесохозяйственных работ сокращается с каждым годом. Средства, выделяемые в централизованном порядке, явно недостаточны, и лесхозам приходится изыскивать дополнительные суммы. Поэтому очень важно иметь данные не только о лесоводственной, но и об экономической эффективности проводимых мероприятий, что можно отнести и к рубкам обновления.

Экспериментальные данные о лесоводственной и тем более экономической эффективности этого достаточно нового вида рубок на Урале крайне ограничены. В нормативных документах они отражаются с 1994 г. Разработан лишь ряд рекомендаций по их организации и проведению [5, 6], на основе которых были предприняты попытки осуществить рубки обновления и оценить их лесоводственную эффективность. Так, В.В. Александров [1] рассматривал каймовый способ рубок обновления, А.А. Терин [6] – равномерный, мелкоплощадковый и каймовый. Однако результаты их исследований не позволяют в полной мере оценить экономическую эффективность рубок обновления на Урале, что и определило направление наших исследований.



На территории квартала 15 Горнощитского лесничества Свердловского сельского лесхоза – филиала федерального государственного учреждения «Свердлсельлес» в 2001 г. был заложен научно-производственный стационар, в котором выполнена рубка обновления разными способами. Для экономических расчетов нами были выбраны два способа:

– площадковый (в виде прямоугольников, клиньев и параллелограммов) с последующим созданием лесных культур стандартными сеянцами сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева и липы мелколистной (далее 1-й способ);

– выборочный (интенсивность 20 %) с созданием лесных культур саженцами сосны обыкновенной под пологом части древостоя, оставленной на доращивание (2-й способ).

При экономическом обосновании лесохозяйственных мероприятий чаще всего оптимальным считается вариант, при котором затраты на единицу продукции по комплексу выполняемых работ минимальны.

Технология рубок обновления включала отвод лесосек, комплекс лесосечных и лесовосстановительных работ. Себестоимость проведения механизированных работ складывается из основной и дополнительной заработной платы основных рабочих, отчислений на социальные нужды, затрат на содержание используемых машин и механизмов, прочих расходов в размере 5 % от суммы предыдущих затрат. Себестоимость работ, выполненных вручную, включает те же статьи кроме затрат на содержание машин и механизмов.

Рубку обновления (лесосечные работы) выполняла комплексная бригада в одну смену. В ее состав входили: вальщик X разряда, лесоруб (помощник вальщика) IX разряда, обрубщик сучьев VIII разряда, тракторист X разряда, чокеровщик VIII разряда, раскряжевщик IX разряда. Работы по подготовке почвы выполнял тракторист IX разряда. Посадка и уход проведены вручную рабочими VII разряда.

В лесхозе применяют сдельно-премиальную систему оплаты труда. Заработную плату основных рабочих рассчитывали по дневным тарифным ставкам, принятым нами по данным лесхоза. Потребное количество человеко-дней находили делением объема работ на норму выработки, принятую согласно справочникам [2, 4]. В фонд основной заработной платы входит тарифный фонд, доплаты к тарифу и районный коэффициент. Тарифный фонд определяли умножением дневной тарифной ставки на потребное количество человеко-дней, доплаты приняты в размере 55 %, выплаты по районному коэффициенту – 15 % от всей суммы. Сумма дополнительной заработной платы принята в размере 10 % от основной, в нее входят вознаграждения за выслугу лет. Отчисления на социальные нужды приняты 35,7 %.

Себестоимость содержания 1 маш.-см. машин и механизмов складывается из основной и дополнительной заработной платы обслуживающих рабочих, отчислений на социальные нужды, стоимости топлива и смазочных материалов, амортизационных отчислений, отчислений на ремонт, прочих расходов.

Заработную плату рабочих, занятых текущим ремонтом техники, определяли аналогично расчету заработной платы основных рабочих. Только тарифный фонд рассчитывали как произведение норматива обслуживания, который зависит от марки машины или механизма, на тарифную ставку рабочего. Работы проводят обслуживающие рабочие IX разряда.

Расчет затрат на топливо и смазочные материалы выполнен при стоимости дизельного топлива 9 р./кг и бензина – 9,6 р./кг в ценах на 01.01.2003 г. Нормы расхода топлива взяты из справочника, стоимость смазочных материалов принята округленно в размере 4 % от стоимости топлива.

Сумма амортизационных отчислений ( $AO$ ) рассчитана для всех машин и механизмов по формуле

$$AO = \frac{BC \cdot H_a \cdot CM_{\text{факт}}}{CM_{\text{норм}} \cdot 100},$$

где  $BC$  – балансовая стоимость машин и механизмов, принята по фактическим данным лесхоза, тыс. р.;

$H_a$  – годовая норма амортизационных отчислений, согласно методическим указаниям С.А. Зубова, М.Г. Тарасевич [3], %;

$CM_{\text{факт, норм}}$  – количество машино-смен фактически и по нормам.

Аналогично произведен расчет затрат на ремонт, при этом вместо норм амортизации взяты нормы затрат на ремонт ( $H_p$ ). Прочие расходы приняты в размере 5 % от суммы затрат по предыдущим статьям.

Себестоимость посадочного материала приведена по фактическим данным лесхоза на 01.01.2003 г.

Результаты расчетов представлены в таблице.

#### Результаты технико-экономических расчетов различных способов рубок обновления

Показатели	Значения показателей для способов			
	1		2	
	Всего	На 1 га	Всего	На 1 га
1. Годовой объем работ:				
1.1. Отвод лесосек, га	9,16		3,00	
1.2. Лесосечные работы, м <sup>3</sup>	3101,0	338,5	273,0	91,0
В т. ч. деловая древесина	2822,0	308,1	166,5	55,5
1.3. Лесовосстановительные работы, га	9,16		3,00	
2. Трудозатраты, чел.-дн.	611,0	66,7	133,0	44,3
3. Затраты, тыс. р.	424,88	46,40	76,95	25,70
В т. ч. на отвод лесосек и лесосечные работы	372,10	40,60	45,41	15,10
4. Выручка от реализации заготовленной древесины, тыс. р.	1270,0	138,7	74,8	24,9
5. Прибыль от реализации, тыс. р.	897,9	98,0	29,4	9,8
6. Прибыль за вычетом затрат на лесовосстановление, тыс. р.	845,1	92,3	-3,3	-1,1

Сравнивая результаты расчетов по способам проведения рубки обновления, можно сделать следующие выводы.

1. Трудозатраты выше при рубках обновления площадковым способом как на весь объем работ, так и на 1 га; следовательно, этот способ более трудоемок.

2. Себестоимость заготовки 1 м<sup>3</sup> при площадковом способе рубки составляет 120 р./м<sup>3</sup>, при выборочном – 170 р./м<sup>3</sup>, или в 1,4 раза больше.

3. При условии реализации заготовленной древесины работы по лесовосстановлению при площадковом способе рубки окупаются за счет прибыли; при выборочном получен отрицательный результат (убыток).

Причины этого явления видны из анализа структуры затрат на проведение рубок обновления (рис. 1 и 2). При площадковом способе преобладают затраты на лесосечные работы (65,3%), на лесокультурные мероприятия они составляют 24,4%; при выборочном способе соответственно 29,8 и 67,1%. Минимальные затраты для обоих способов приходятся на отвод лесосек, причем во втором варианте они в 3 раза меньше.

Анализируя структуру эксплуатационных затрат на 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины (рис. 2), можно отметить, что в обоих случаях основные доли приходятся на содержание машин и механизмов (56 ... 62%), на заработную плату основных рабочих – 23 ... 27%.

Рис. 2. Структура эксплуатационных затрат на проведение рубок обновления различными способами: 1 – заработная плата; 2 – отчисления на соцнужды; 3 – содержание машин и механизмов; 4 – стоимость посадочного материала; 5 – прочие расходы

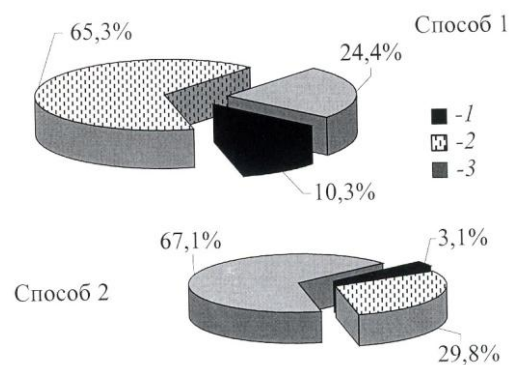
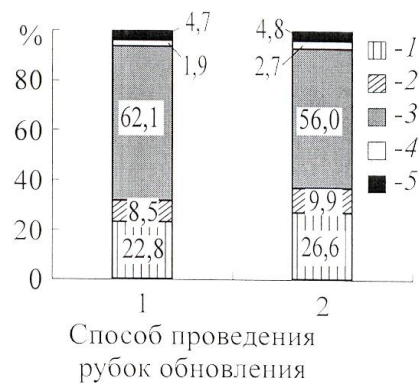


Рис. 1. Структура затрат на проведение рубок обновления различными способами: 1 – отвод лесосек; 2 – лесосечные работы; 3 – лесокультурные работы



*Выводы*

1. Рубки обновления можно проводить площадковым и выборочным способами. Их надо сочетать с созданием лесных культур в связи с трудностями естественного возобновления в рекреационных лесах.

2. По экономическим показателям предпочтительнее площадковый способ, позволяющий окупить затраты и получить дополнительные средства для финансирования деятельности лесхоза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров, В.В.* Лесоводственная эффективность рубок обновления и применения минеральных удобрений в рекреационных сосняках Среднего Урала в целях повышения их устойчивости [Текст]: автореф. дис... канд. с.-х. наук / В.В. Александров. – Екатеринбург, 2002. – 22 с.

2. Единые нормы выработки и расценки на лесозаготовительные работы [Текст]. – М.: Экономика, 1989. – 85 с.

3. *Зубов, С.А.* Организация и планирование производства в лесхозах [Текст]: методич. указания для студентов специальности 2604 / С.А. Зубов, М.Г. Тарасевич. – Екатеринбург: УГЛТА, 1998. – 28 с.

4. *Зубов, С.А.* Типовые нормы выработки на рубки ухода за лесом в равнинных условиях [Текст]: методич. указания по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 2604 «Лесное и лесопарковое хозяйство» с сокращенным сроком обучения / С.А. Зубов, И.А. Иматова, М.Г. Тарасевич. – Екатеринбург: УГЛТА, 2000. – 32 с.

5. Принципы системы рубок обновления и лесовосстановления в лесах I группы на лесоводственно-экологической основе (на примере лесов Свердловской области) [Текст] / С.Н. Санников, Н.С. Санникова, Е.Г. Поздеев [и др.]. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 67 с.

6. *Терин, А.А.* Состояние сосновых насаждений и перспектива их хозяйственного использования после подсочки в Среднем Зауралье [Текст]: автореф. дис... канд. с.-х. наук / А.А. Терин. – Екатеринбург, 2004. – 21 с.

*A.G. Magasumova, M.G. Ezhova*

**Feasibility Study on Different Regeneration Cutting Methods**

Two regeneration cutting methods in the Middle Ural forests are analyzed, their feasibility study is provided.

УДК 504.054:625.748.54

**С.И. Булдаков, М.Г. Ежова**

Булдаков Сергей Иванович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Уральский лесотехнический институт, профессор, кандидат технических наук, заведующий кафедрой транспорта и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета, почетный работник высшего профессионального образования РФ, почетный дорожник России. Имеет более 130 научных работ в области разработки и исследования материалов для дорожного строительства и экологических вопросов АБЗ и АЗС.



### **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ В ЗОНЕ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ**

Учтены годовые выбросы загрязняющих веществ на АЗС; определен экономический ущерб атмосфере от деятельности АЗС и на 1 км автомобильной дороги в районе деятельности лесхоза.

*Ключевые слова:* АЗС, загрязнение окружающей природной среды, выбросы нефтепродуктов, экономический ущерб.

Значительный рост уровня автомобилизации в России за последние годы вызвал повышение отрицательного воздействия транспортно-дорожного комплекса на окружающую природную среду. Это обусловлено перегруженностью имеющихся автомобильных дорог, снижением эксплуатационных скоростей движения транспорта из-за неудовлетворительного состояния дорожного покрытия, заторов, вследствие чего многократно увеличиваются объемы выбросов выхлопных газов в атмосферу, шум, загрязнение почвы и водных источников.

Не остается в стороне от этой проблемы состояния окружающей природной среды и лесной комплекс нашей страны, где автомобильные перевозки составляют достаточно высокую долю в структуре производственного цикла. Продукция лесозаготовительных предприятий и лесхозов перевозится как по дорогам общего пользования, так и по специальным лесовозным, следовательно, вопросы снижения загрязнения окружающей среды актуальны и для этой отрасли.

Неотъемлемой частью транспортно-дорожного комплекса являются автозаправочные станции (АЗС), многие из которых размещаются вдоль автомобильных дорог. Если в качестве критерия оптимальности их работы принять максимальный доход от реализации горюче-смазочных материалов, то АЗС следует размещать на автомобильных дорогах высоких категорий вблизи селитебных зон. Хотя отрицательное влияние деятельности АЗС на окружающую природную среду несколько меньше, чем от выбросов при движении автотранспорта, но концентрации загрязняющих веществ обладают эффектом суммирования, поэтому воздействие вредных выбросов от АЗС и автомобильной дороги на реципиентов может быть значительным. Оно еще более возрастает при размещении АЗС недалеко от населенных

пунктов и на их территории. Многие предприятия лесного комплекса имеют свои заправочные станции. Кроме того, АЗС являются препятствием к равномерности скорости транспортного потока на дороге из-за возникновения очередей на заправке, особенно в зимнее время, когда автомобиль ожидает заправки с работающим двигателем, что вызывает увеличение объемов вредных выбросов в окружающую среду [1].

АЗС является средоточием паров бензина, дизельного топлива и их составляющих: бензола, ксилола, этилбензола, предельных углеводородов, сероводорода. К загрязняющим веществам можно отнести также продукты сгорания топлива автомобильного транспорта: оксид и двуокись углерода, оксиды серы и азота, соединения свинца, твердые частицы, такие как сажа и пыль. Источниками, выделяющими загрязняющие вещества на АЗС, являются: резервуары с бензином, дизельным топливом, маслом, автозаправочные колонки и проливы при перекачке бензина из автозаправочных цистерн, при заправке автотранспорта. Выброс паров топлива происходит из дыхательных клапанов, горловин баков, выхлопных труб автотранспорта.

Определение выбросов паров нефтепродуктов в атмосферу выполнено нами в соответствии с [4] для АЗС, расположенной на магистрали Екатеринбург – Серов Свердловской области в районе производственной деятельности Нижнетагильского лесхоза. АЗС рассчитана на 260 заправок в сутки в весенне-летний и 170 – в осенне-зимний период. Результаты учета годовых выбросов загрязняющих веществ представлены в табл.1, 2 и на рис.1.

Таблица 1

**Выбросы нефтепродуктов на АЗС**

№ п/п	Нефтепродукт	Максимальный выброс, г/с		Годовой выброс*, т/г
		от резервуаров	от баков автотранспорта	
1	Бензин АИ-95	1,12	0,32	0,252
2	Бензин АИ-92	1,12	0,32	0,445
3	Бензин АИ-80	1,12	0,32	0,785
4	Дизельное топливо	0,00362	0,0031	0,04345

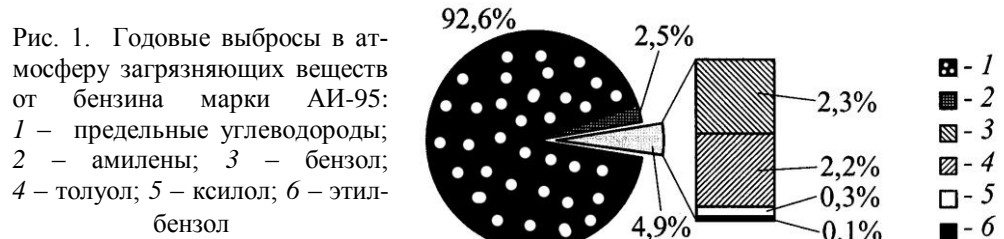
\* Учтены выбросы от резервуаров и баков автотранспорта при заправках и проливах.

Таблица 2

**Годовые выбросы загрязняющих веществ, т/г**

№ п/п	Предельные углеводороды			Амилены	Ароматические углеводороды			
	C <sub>1</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>19</sub>		Бензол	Толуол	Ксилол	Этилбензол
1	0,1705	0,0630	–	0,0063	0,00579	0,0055	0,0007	0,00015
2	0,3008	0,1113	–	0,0111	0,01024	0,0098	0,0013	0,00050
3	0,5930	0,1444	–	0,0196	0,01570	0,0114	0,0012	0,00040
4	–	–	0,0433	–	–	–	–	–
Всего	0,9340	0,2700	0,0433	0,0322	0,02730	0,0223	0,0026	0,00070

Примечание. Позиции 1 – 4 соответствуют табл. 1.



Таким образом, из данных табл. 1, 2 и рис.1 видно, что годовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в результате работы АЗС составляют около 1,5 тыс. т, или 16 г на заправку. Из этого количества примерно 25 % приходится на выбросы от баков автотранспорта, 75 % – от емкостей хранения нефтепродуктов. Среди загрязняющих веществ преобладают предельные углеводороды.

Определение экономического ущерба от выбросов необходимо для принятия решения о целесообразности и очередности проведения природоохранных мероприятий. Годовой экономический ущерб ( $V_a$ , р./год) рассчитывают в соответствии с существующей типовой методикой [2] по формуле

$$V_a = \gamma g f M, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – множитель, равный затратам на предотвращение ущерба от выброса 1 усл. т загрязняющих веществ, р./усл. т;

$g$  – величина, характеризующая относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов;

$f$  – величина, учитывающая характер рассеивания примеси в атмосфере;

$M$  – приведенная масса годового выброса загрязнений из источника, усл. т/год.

Значение множителя  $\gamma$  устанавливается законодательно для условий соответствующего региона. Значение  $g$  зависит от типа загрязняемой территории: для зоны курортов, санаториев, заповедников, заказников  $g = 10$ ; для пригородных зон отдыха  $g = 8$ , для территорий промышленных предприятий и промышленных узлов  $g = 4$ , лесов и пашен  $g = 0,10 \div 0,02$ , для АЗС  $g = 0,15$ . Для населенных мест  $g$  зависит от плотности населения [3]:

$$g = 0,1 n, \quad (2)$$

где  $n$  – плотность населения, чел./га.

При помощи коэффициента  $f$  учитывается характер источника выбросов в зависимости от его высоты и среднегодовой разности температур в устье источника и в окружающей среде. Для АЗС принимается  $f = 10$ .

Приведенная масса годового выброса загрязнителей определяется по формуле

$$M = \sum_{i=1}^N A_i m_i,$$

где  $A_i$  – показатель относительной агрессивности примеси  $i$ -го вида, усл. т/т;

$m_i$  – масса годового выброса примеси  $i$ -го вида в атмосферу, т/год;

$N$  – общее число примесей, выбрасываемых источником в атмосферу.

Показатель относительной агрессивности примеси, используемый в наших расчетах, для предельных, непредельных и ароматических углеводородов равен 1,26 [6, 7]. Масса годового выброса и общее число примесей для расчета представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1.

Как показали расчеты, экономический ущерб атмосфере от деятельности одной АЗС составил 1588 р. в год, на 1 км автомобильной дороги – 8234 р. в год. Таким образом, ущерб от рассматриваемой АЗС по сравнению с ущербом от движения по дороге примерно в 5 раз меньше. Но результат зависит от месторасположения АЗС, а также очередей автомобилей при заправке.

На сумму ущерба прямо пропорционально влияет также изменение величин  $\gamma$  и  $g$ . По данным [5], значение  $\gamma$  может варьировать от 4 до 40 долл. США. Для каждого региона РФ этот показатель устанавливается индивидуально, но суть расчета от этого не меняется.

Наглядно зависимость экономического ущерба от  $\gamma$  и  $g$  представлена на рис. 2. Как видно, при минимальном значении  $\gamma$  и различном размещении АЗС экономический ущерб может варьировать от 400 до 26460 р./год.

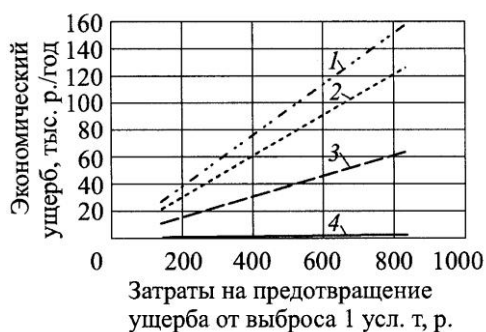


Рис. 2. Зависимость экономического ущерба от расположения АЗС: 1 – зона курортов, санаториев, заповедников, заказников; 2 – пригородные зоны отдыха; 3 – территория промышленных предприятий и промышленных узлов; 4 – АЗС

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булдаков, С.И. Экология автозаправочных станций [Текст]: моногр. / С.И. Булдаков. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2003. – 111 с.
2. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды / А.С. Быстров, В.В. Варанкин, М.А. Виленский [и др.]. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.
3. Выварец, А.Д. Экономика природопользования [Текст] / А.Д. Выварец, О.В. Федоренко, С.В. Карелов. – М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1994. – 264 с.



4. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров / Госкомитет РФ по охране окружающей среды. – М.: НИИ охраны атмосферного воздуха, 1997.

5. *Пахомова, Н.В.* Экономика природопользования и охраны окружающей среды [Текст]: учеб. пособие / Н.В. Пахомова, К.К. Рихтер. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2003. – 220 с.

6. *Подольский, В.П.* Дорожная экология [Текст] / В.П. Подольский. – М.: Союз, 1997. – 196 с.

7. *Подольский, В.П.* Автотранспортное загрязнение придорожных территорий [Текст] / В.П. Подольский, В.Г. Артюхов, В.С. Трубин, А.Н. Канищев. – Воронеж: ВГУ, 1999. – 276 с.

*S.I. Buldakov, M.G. Ezhova*

### **Assessment of Economic Damage to Environment in Filling Stations Zone**

Annual emissions of pollutants at filling stations are taken into account; economic damage to atmosphere from the filling station work is determined, as well as per 1 km of highway within the forestry unit activity.

---

УДК 657.6:630\*

**О.В. Потапович**

Потапович Ольга Викторовна родилась в 1979 г., окончила в 2001 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита Уральского государственного лесотехнического университета. Область исследований – бухгалтерский учет и анализ деятельности лесхозов.



### **ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЕТНОСТИ ЛЕСХОЗОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Рассмотрены вопросы формирования отчетности лесхозов в условиях перехода на единую систему бухгалтерского учета для всех сегментов бюджетной системы РФ. Определены первоочередные задачи, стоящие перед лесхозами при переходе на бюджетный учет в соответствии с изменениями в законодательстве.

*Ключевые слова:* лесхоз, бюджет, отчетность, бюджетный учет, бюджетная классификация.

В международных стандартах бухгалтерского учета формирование отчетных форм является третьей стадией в едином учетном процессе.

Лесхозы составляют месячную, квартальную и годовую отчетность. Бухгалтерскую отчетность за I квартал лесхозы не составляют, поскольку в эти сроки формируется годовая отчетность за прошедший финансовый год.

Лесхозы Свердловской области являются местными подразделениями системы специально уполномоченных государственных органов управления лесным хозяйством РФ. В своей деятельности они подотчетны государственному органу – Федеральному агентству лесного хозяйства (Рослесхоз) и входят в его состав.

Лесхозы, финансируемые из федерального бюджета, месячную отчетность представляют только органу Федерального казначейства Минфина РФ. Перед представлением Рослесхозу квартальных и годовых отчетов лесхозы сверяют с органом Федерального казначейства Минфина России, в котором открыты их лицевые счета, соответствие объемов финансирования, остатков финансирования и кассовых расходов в разрезе кодов экономической классификации расходов бюджетов РФ. Учреждения, получающие финансирование из федерального бюджета, кроме того, представляют в органы Федерального казначейства Минфина России квартальный и годовой отчет об исполнении сметы доходов и расходов по внебюджетным источникам.

Пока формирование отчетности лесхозов – процесс очень трудоемкий. Наряду с основными формами бухгалтерской отчетности бюджетных учреждений, лесхозы составляют формы: № 9-ЛХ «Отчет о производстве основных видов сельскохозяйственной продукции, заготовке дикорастущей продукции побочного пользования в лесах и переработке плодов и овощей», № 10-Лесхоз «Отчет о выполнении производственного плана по лесному

хозяйству», № 18-ЛХ «Отчетная ведомость по движению и расходованию ассигнований», № 21-ЛХ (доходы) «Сведения о доходах лесного хозяйства и их распределении по получателям». Бухгалтерская отчетность составляется на основе бухгалтерских записей, подтвержденных оправдательными документами. В целях совершенствования первичной учетной документации утверждены специализированные внутриведомственные формы первичной учетной документации: № ЛП-1 «Наряд на отпуск лесопродукции»; № ЛП-2 «Реестр нарядов на отпуск лесопродукции»; № ЛП-3 «Акт приемки – сдачи лесопродукции»; № ЛП-4 «Ордер на отпуск лесопродукции» и др.

С введением в действие Инструкции по бухгалтерскому учету в бюджетных учреждениях от 30 декабря 1999 г. № 107н начинался переход к бюджетному учету для лесхозов. Все бюджетные учреждения осуществляли бухгалтерский учет по мемориально-ордерной форме. Мемориальные ордера совмещают в себе функции журнала регистрации и накопительной ведомости.

Особенностью принятой системы является формирование мемориальных ордеров по ограниченному перечню счетов, одновременное отражение в мемориальных ордерах дебетовых и кредитовых оборотов счетов. Положительным моментом при этом является то, что все хозяйственные операции по одному участку учета группируются в одной ведомости, а недостатком – отсутствие единообразия и четкого правила разноски мемориальных ордеров в итоговую накопительную ведомость – книгу «Журнал-Главная», а также значительные структурные различия мемориальных ордеров. Их жесткая структура не позволяет вести учет в разрезе уровней аналитического учета, не предусмотренных Инструкцией № 107н.

Лесхозы могли вести бухгалтерский учет и по машинно ориентированной форме с применением специального программного обеспечения для вычислительной техники. С этой целью их обеспечивали программным продуктом «1С: Бюджет». Но многие лесхозы не смогли воспользоваться этим предложением.

В Невьянском лесхозе Свердловской области используется частичная автоматизация отдельных участков бухгалтерского учета на различных программных продуктах. Учет заработной платы выполняется на программном продукте «АМБА», разработанном фирмой «СКБ Контур». В связи с постоянными изменениями законодательной базы, различными источниками финансирования (средства федерального бюджета, бюджета субъектов Федерации, внебюджетные), а также для устранения текущих ошибок лесхозом заключен договор на сопровождение программного продукта с фирмой «СКБ Контур». Разработчики программы ввели дополнительные возможности по начислениям и удержаниям из заработной платы с разбивкой по каждому источнику финансирования при обработке первичных документов. Кроме того, начисление заработной платы ведется с кодировкой по видам работ, проводимых лесхозом, что очень удобно для составления отчета о выполнении производственного плана (форма № 10-Лесхоз, одна из основных форм статистической отчетности).

Мемориальный ордер № 5, отражающий начисленную заработную плату и все виды удержаний за текущий месяц, а также начисления ЕСН с разбивкой по всем внебюджетным фондам, формируется при внесении всех необходимых данных в программном продукте «1С: Бюджет» по каждому виду финансирования. Неудобство такого метода ведения учета и формирования отчетности очевидно, однако выбранная система все же менее трудоемка, чем ведение бухгалтерского учета вручную. Ввиду отсутствия единого комплекса учета бухгалтер ежемесячно проверяет данные по расчетам с сальдо и оборотами главной книги.

Бухгалтерский учет всех остальных участков ведется на программном продукте «1С: Бюджет» на трех рабочих местах. Все данные поступают в компьютер главного бухгалтера.

Немаловажно и то, что Министерство природных ресурсов России принимает отчеты в программном продукте «1С:Бухгалтерия».

Специалисты Шалинского лесхоза Свердловской области занимались разработкой программного обеспечения ведения бухгалтерского учета на базе программного продукта «1С: Бюджет». Были отработаны особенности учета финансирования деятельности лесхозов, исполнения сметы доходов и расходов и формирование отчетности, включая формы № 9-ЛХ, № 10-Лесхоз, № 18-ЛХ и № 21-ЛХ. Однако распространить данное программное обеспечение на другие лесхозы по ряду причин не удалось.

Ведение учета по Инструкции № 107н вызывало много спорных моментов при учете финансирования и расходования бюджетных средств, поступающих из бюджетов различных уровней и внебюджетных источников.

Бюджетные средства расходуются в строгом соответствии с утвержденными сметами доходов и расходов. По окончании года счета учета расходов у получателей бюджетных средств закрываются путем списания произведенных расходов в дебет счетов учета финансирования. Для того чтобы расходы отражались точно по той же предметной статье, по которой были оплачены материалы или услуги, бухгалтеру нужно организовать сквозной учет всех бюджетных средств по источникам финансирования с момента оплаты материалов, работ или услуг до момента их списания на расходы. Не все формы, введенные Инструкцией № 107н, могут дать необходимые сведения. Не предусмотрены графы, отражающие информацию об источнике средств. Сведения, содержащиеся в первичных документах, нужны бухгалтеру для составления мемориальных ордеров и расшифровки к ним. Но поскольку большинство утвержденных форм первичных документов не содержит необходимой информации, бухгалтерам приходится требовать, чтобы сведения об источниках финансирования вписывались на полях первичных документов, либо разрабатывать вспомогательные документы. Но материальные ценности могут быть оплачены в одном отчетном периоде, а оприходованы в другом, иногда через несколько месяцев. Чтобы определить, по какой статье их оприходовать, необходимо поднимать платежные документы за прошлые месяцы. Это трудоемкая работа, требующая немало времени.

Инструкцией № 107н не предусмотрен регистр аналитического учета, в котором фактически произведенные в течение отчетного периода расходы могли бы сопоставляться с фактически полученным финансированием. Бухгалтерии лесхозов приходится этот учет вести в специальных таблицах, разработанных самостоятельно. На каждый вид средств и источников финансирования деятельности лесхоза в бухгалтерии в книге «Журнал-Главная» открыты счета бухгалтерского учета. В течение отчетного периода хозяйственные операции по данным первичных документов через мемориальные ордера и другие регистры отражают на счетах. Итоговые данные счетов вносят в бухгалтерский баланс.

Фактические расходы на проведение лесовосстановительных работ лесхозы проводят в пределах сметы доходов и расходов, хотя в полном объеме выделенные ассигнования освоить могут не всегда, поскольку смета утверждается на год с поквартальной разбивкой.

Лесхозы используют бюджетные средства исключительно через лицевые счета, которые ведутся Федеральным казначейством. В соответствии с действующим законодательством получатели бюджетных средств имеют право на своевременное получение и использование бюджетных средств в соответствии с утвержденной бюджетной росписью, своевременное доведение уведомлений о бюджетных ассигнованиях и лимитах бюджетных обязательств и компенсацию в размере недофинансирования. Однако в ходе исполнения бюджета встречаются ситуации, противоречащие действующему законодательству в области бюджетных правоотношений. В отдельных периодах финансового года возникает недостаток текущих доходов и поступлений из источников финансирования дефицита бюджета для обеспечения в полном объеме предусмотренных на данный период бюджетных расходов. В ходе поквартального распределения доходов, расходов и поступлений из источников финансирования возникает текущая несбалансированность бюджета, требующая кратковременного привлечения дополнительных финансовых ресурсов. Практически исследовать разницу между потребностью лесхоза в финансовых средствах и средствах, поступивших на лицевой счет для осуществления кассовых расходов, очень трудно, поскольку в настоящее время бюджетные учреждения могут расходовать средства только при их фактическом наличии в органе Федерального казначейства, обслуживающем данное учреждение. Влияние подобных разрывов особенно ощутимо для лесхозов, так как их работа носит сезонный характер.

При сложившейся в настоящее время ситуации значительную часть бюджетных ассигнований лесхозы получают в III и IV кварталах. Фактически значительная часть денежных средств, выделенная на IV квартал, не может быть освоена, так как в это время устанавливается устойчивый снежный покров. В зимний период нельзя проводить уход в молодняках, лесовосстановительные, лесокультурные работы и работы в питомнике, поэтому лесхоз производил только расходы на оплату труда лесникам, согласно штатному расписанию.

Инструкцией № 107н не предусматривалось составление отдельной отчетности исполнения сметы доходов и расходов по финансированию из

федерального бюджета. Этот отчет можно было представить по форме баланса исполнения сметы доходов и расходов (федеральный бюджет). В ходе исследования был сформирован бухгалтерский баланс «лесное хозяйство», из которого исключены данные доходов и расходов по внебюджетной деятельности. Выдержки из полученного баланса представлены в таблице.

Лесхоз расходовал бюджетные средства в строгом соответствии с утвержденными сметами доходов и расходов. Остатки финансирования возникли в 2002 г. в связи с недофинансированием по утвержденным сметам за счет средств федерального бюджета на сумму 800 р., за счет средств бюджета субъекта РФ на сумму 25 700 р. Погашение кредиторской задолженности за 2002 г. из бюджетов в сумме 26 500 р. было включено в сметы доходов и расходов на 2003 г. Аналогичная ситуация произошла и в 2003 г., когда недофинансирование за счет средств бюджетов субъектов РФ составило 180 697 р. Кредиторская задолженность за 2003 г. из бюджета субъектов РФ была включена в смету доходов и расходов на 2004 г.

В связи с тем, что бюджетное финансирование производится не в полном объеме, лесхозы идут на нарушения. Согласно инструкции, остатки несписанных расходов по субсчетам на 1 января не допускаются, но у лесхозов нет возможности списать расходы.

В последнее время руководителям лесхозов все чаще приходится искать дополнительные способы получения денежных средств, связанные,

**Исполнение сметы доходов и расходов, отражающее финансирование из федерального бюджета в Невьянском лесхозе за 2002-2003 гг., р.**

Статья баланса	Код строки	2002 г.		2003 г.	
		На начало года	На конец года	На начало года	На конец года
Актив					
Раздел VII Расходы					
Расходы по бюджету на содержание учреждения и другие мероприятия (200)	430	–	800	800	–
Расходы по целевым средствам на содержание учреждения и другие мероприятия (225)	0500	–	25 700	25 700	180 697
Итого по разделу		–	26 500	26 500	180 697
Пассив					
Раздел III Расчеты					
Расчеты по платежам в бюджет (173)	0820	–	2254	2254	15 307
Расчеты по оплате труда (180)	0870	–	17 259	17 259	117 754
Расчеты с фондом социального страхования РФ (193)	0930	–	820	820	5589
Расчеты с фондом обязательного медицинского страхования РФ (194)	0940	–	703	703	4790
Расчеты с Пенсионным фондом РФ (198)	0960	–	5468	5468	37 257

Итого по разделу		–	26 500	26 500	180 697
------------------	--	---	--------	--------	---------

естественно, с осуществлением различных видов предпринимательской деятельности. Средства, полученные от такой деятельности, не должны использоваться на цели, которые обеспечиваются бюджетными ассигнованиями. Однако в связи с задержкой финансирования суммы выручки от реализации продукции, произведенной бюджетным учреждением, направляются на обеспечение расходов по соответствующим бюджетным сметам. Кроме того, получение средств от предпринимательской деятельности позволяет бюджетному учреждению решать социальные вопросы по улучшению условий труда и отдыха персонала учреждений, а также проблемы, связанные с модернизацией производственных мощностей, своевременным обновлением изношенных объектов основных средств. Возместить внебюджетные средства лесхозов, израсходованные на первоочередные нужды, никто не торопится.

Лесхозам необходимо производить работы в соответствии с выделенным финансированием, более внимательно подходить к выполнению производственной программы, объемы работ согласовывать с инженерно-техническим персоналом лесхоза и экономистом, который проводит расчеты согласно нормам выработки, расценкам, нормам расходования ГСМ, т. е. выполнять первоочередные работы. Такой же политики придерживается и Управление лесами Свердловской области.

Проблемы ведения учета и формирования отчетности у лесхозов возникают по той причине, что до 2005 г. бюджетный учет подразделялся на два сектора: исполнения бюджетов и исполнения сметы доходов и расходов бюджетных учреждений. Между уровнями бюджетной системы нет согласованности, каждая структурная единица решает вопросы исполнения бюджета по-своему, не представляя единой отлаженной системы. Исполнение сметы доходов и расходов бюджетными учреждениями происходит зачастую с нарушениями законодательства, но иначе получатели средств поступить не могут. Все поступают правильно, а результата не видно.

Для формирования качественной прозрачной отчетности об использовании средств бюджета необходимо создать единую систему бухгалтерского учета для всех сегментов бюджетной системы РФ, позволяющую консолидировать учетную информацию по правилам бухгалтерского учета. Суть реформы состоит в переходе от концепции управления бюджетными ресурсами (затратами) к концепции управления результатами. В рамках последней бюджет формируется под планируемые результаты государственной политики. Бюджетные ассигнования имеют четкую привязку к функциям (услугам, видам деятельности), при их планировании основное внимание уделяется обоснованию конечных результатов в рамках бюджетных программ.

В 2004 г. Минфином РФ были разработаны и утверждены следующие нормативные документы:

– Инструкция по бюджетному учету (утв. приказом Минфина РФ от 26.08.2004 № 70н);

– Указания о порядке применения бюджетной классификации РФ (утв. приказом Минфина РФ от 27.08.2004 № 72н).

В выбранном направлении развития предусматривается приблизить бюджетную классификацию РФ к требованиям международных стандартов и ввести интегрированный с бюджетной классификацией план счетов бюджетного учета, основанный на методе начислений и обеспечивающий учет затрат по функциям и программам.

Инструкция № 70н предусматривает новый план счетов бюджетного учета. Теперь номер счета бюджетного учета состоит из 26 разрядов. Первые 17 разрядов используются для отражения кодов классификации доходов, ведомственной и функциональной классификации расходов бюджетов и классификации источников финансирования дефицита бюджета. Разряды с 18-го по 23-й образуют код счета бюджетного учета. В новом плане счетов предусмотрен 18-й разряд, из которого будет видно, на какие средства осуществляется та или иная хозяйственная операция. По-прежнему все средства бюджетного учреждения подразделяются на бюджетные, целевые и предпринимательские.

Изменились и формы отчетности. Баланс исполнения бюджета содержит показатели по всем счетам плана счетов бюджетного учета с разделением на бюджетные и внебюджетные средства. В отчете о финансовых результатах деятельности главного распорядителя (распорядителя), получателя средств бюджета лесхозы будут отражать доходы и расходы по видам в ходе осуществления деятельности. Разработаны и другие формы отчетности бюджетных учреждений, анализировать которые можно будет после формирования первого отчета.

Новый порядок бюджетного учета предполагает его автоматизированное ведение. Будут ли учтены возможности лесхозов на этот раз, покажет время. Перед бюджетными учреждениями стоят задачи внедрения и отработки программного обеспечения, поскольку использование разработанных документов вне процессов автоматизации невозможно. Кроме того, понадобится время для обучения бухгалтеров лесхозов, а ведь часть из них не имеют даже специального экономического образования. В определенной мере это связано и с уровнем оплаты труда в лесхозах, опытные специалисты переходят в коммерческие структуры. В целях эффективного использования программного обеспечения необходимо наладить сотрудничество с разработчиками и поставщиками программных продуктов.

*O.V. Potapovich*

### **Formation of Forestry Units Accounting in Modern Conditions**

Questions of forestry accounting formation are considered in the conditions of transfer to the unified accounting system for all budget system segments of RF. Priority tasks are



---

---

defined for forestry units when transferring to the budget accounting according to changes in legislation.

---

---



## КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 62-503.55

*М.П. Воронов, В.П. Часовских*

Воронов Михаил Петрович родился в 1980 г., окончил в 2003 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант, ассистент кафедры менеджмента и внешнеэкономической деятельности предприятия Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 10 печатных работ в области управления организацией, информационных технологий, дистанционного образования.



Часовских Виктор Петрович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Уральский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и внешнеэкономической деятельности предприятия, декан факультета экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета, действительный член РАЕН РФ, РАИН РФ. Имеет более 140 печатных работ в области управления промышленным предприятием и информационных технологий различного назначения (в образовании, управлении и пр.)



### СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Рассмотрены основные аспекты создания информационных систем (управление производством, производственными запасами, сбытом готовой продукции, учетной и плано-аналитической деятельностью).

*Ключевые слова:* информационные системы управления, СУБД, автоматизация бизнес-процессов.

Целью данной работы является составление алгоритмов функционирования информационных систем управления лесопромышленным предприятием и описание основных этапов создания информационной системы управления.

Управление лесопромышленным предприятием состоит из совокупности следующих видов деятельности [3, 5]:

- управление производственными запасами;
- управление плано-аналитической деятельностью;
- управление учетной деятельностью;
- управление производством (лесозаготовка и распиловка бревен, сборка мебели и пр. в зависимости от специфики предприятия);
- управление сбытом готовой продукции.

В среде Natural существуют разработанные методики и готовые модули информационной поддержки функций управления для различных видов организаций.

Управление производственными запасами (рис. 1) подразумевает формирование оптимального объема запасов на предприятии, достаточного

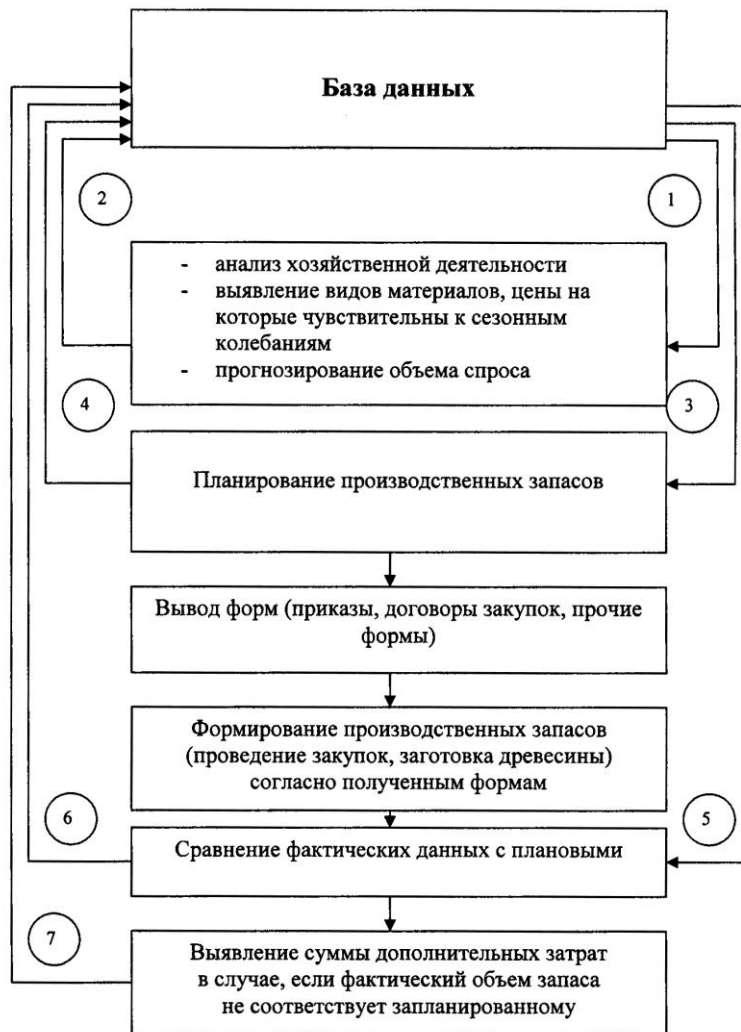


Рис 1. Схема системы управления производственными запасами: 1 – данные за предыдущий период; 2 – результаты анализа хозяйственной деятельности; результаты прогноза объема спроса; 3 – результаты анализа хозяйственной деятельности; результаты прогноза объема спроса; нормы расхода материалов на производство единицы продукции; данные о материалах, цены на которые подвержены сезонным колебаниям; 4 – результаты планирования производственных запасов; 5 – результаты планирования производственных запасов; 6 – фактические данные о формировании производственных запасов; 7 – данные о дополнительных затратах

для обеспечения производственного процесса в соответствии с потребностями рынка. Так как излишки производственных запасов «замораживают» оборотный капитал, а также увеличивают затраты на их хранение, то объемы запасов должны быть всегда регламентированы уровнем спроса за прогнозируемый период [2].

Следует учитывать и тот факт, что в связи с сезонными колебаниями уровня цен на некоторые группы материалов в целях снижения общих затрат необходимо проводить закупки товара в периоды, когда цена является наименьшей. Неотъемлемое условие формирования дополнительных запасов:

$$\Delta_i > C_i + E_i,$$

где  $\Delta_i$  – изменение цены единицы  $i$ -го материала за счет фактора сезонности;

$C_i$  – стоимость хранения единицы  $i$ -го материала за период хранения;

$E_i$  – альтернативные издержки, прибыль, которая могла быть получена при использовании суммы, затраченной на приобретение единицы  $i$ -го товара в прочих видах деятельности предприятия.

Потребность предприятия в тех или иных запасах всех видов материалов рассчитывают на основе анализа спроса [2] и нормативных данных о расходе материалов на производство единицы изделия; полученные результаты заносят в базу данных (БД) в соответствии с номенклатурой материалов (номенклатуру требуемых материалов составляют в соответствии с потребностями по одной из описанных ниже моделей структуры).

Далее составляют план проведения закупок материалов (автоматический вывод формы). По мере проведения закупок данные о фактических объемах каждого из видов материалов заносят в БД и сравнивают с плановыми. При проведении закупок одного вида товаров несколькими партиями данные об объеме запаса суммируют, при превышении фактического объема запаса материалов над плановым поступает сообщение о превышении объема запаса и сумме дополнительных затрат, связанных с хранением материалов и «заморозкой» капитала.

*Управление планово-аналитической деятельностью* (рис. 2). Основные функции планово-аналитического отдела:

1. Выявление данных о прогнозируемом объеме продаж на основе:
  - данных об объемах продаж за предыдущие периоды;
  - тенденций развития рынка (к понижению или повышению спроса на данную продукцию).
2. Анализ хозяйственной деятельности.
3. Составление планов на отчетный период в соответствии со стратегическими целями и проведенным анализом хозяйственной деятельности по видам деятельности:

- планирование производственных запасов;
- планирование фонда заработной платы;
- планирование численности персонала и др.



Рис 2. Схема управления планово-аналитической деятельностью:  
 1 – данные за предыдущий период деятельности; 2 – результаты проведения анализа хозяйственной деятельности; 3 – данные о состоянии внешней среды предприятия за предыдущие периоды; 4 – результаты проведения анализа внешней среды предприятия; 5 – результаты проведения анализа хозяйственной деятельности; 6 – результаты планирования

Этапы прогнозирования объема продаж:

1. Формирование запросов данных для БД за предшествующие периоды.
2. Формализация обработки запрашиваемых данных в соответствии с принятыми на предприятии статистическими и математическими методами.
3. Вывод данных в виде стандартизованных форм и представление обработанных данных для использования в прочих видах деятельности предприятия.

*Управление учетной деятельностью.* Автоматизация данного вида деятельности подразумевает создание системы, позволяющей пользовате-

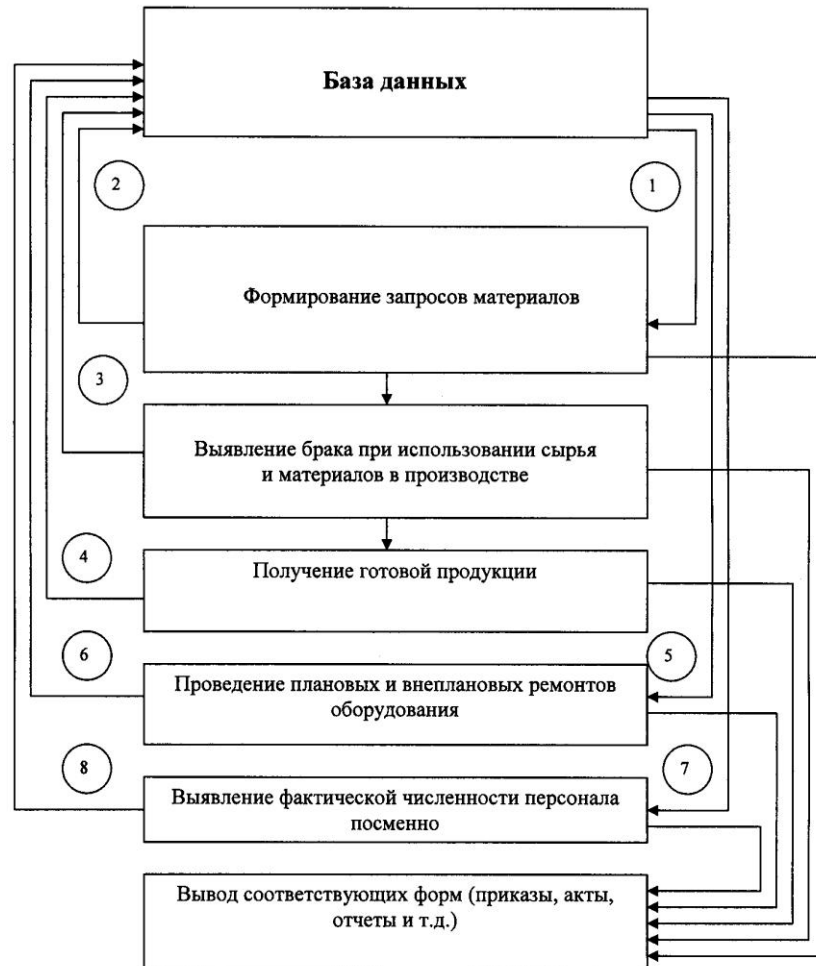


Рис 3. Схема управления производством: 1 – данные об объеме производственных запасов; 2 – данные об объеме материалов, необходимых в производстве; 3 – данные о видах и объеме бракованных материалов; 4 – данные о полученной готовой продукции; 5 – данные о уже проводимых ремонтах оборудования; 6 – данные о проводимых ремонтах оборудования; 7 – данные о численности персонала посменно; 8 – данные о фактической численности персонала посменно

лям вводить данные в БД, а затем, на основе автоматических расчетов требуемых величин, получать формы первичной документации, а также отчетные формы [1].

*Управление производством.* Процесс управления производством отражен в виде схемы (рис 3).

*Управление сбытом готовой продукции* (рис. 4). При его осуществлении наряду с маркетинговой деятельностью осуществляется выработка плана поставок на основе данных о потребителях продукции предприятия и

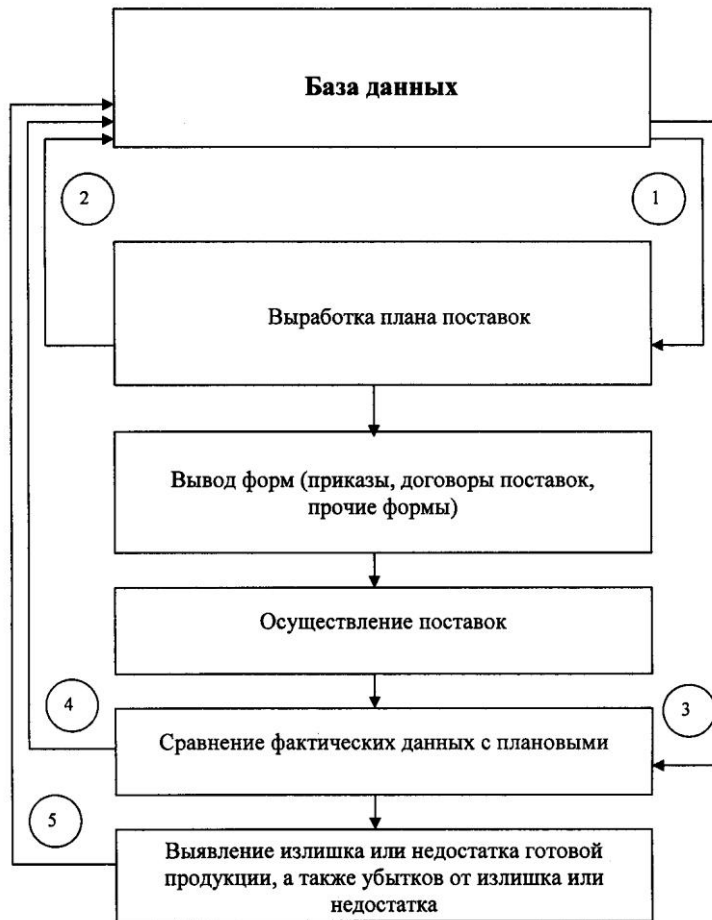


Рис. 4. Схема управления сбытом готовой продукции: 1 – данные о потребителях продукции предприятия и готовой продукции; 2 – результаты планирования поставок; 3 – результаты планирования поставок; 4 – фактические данные о проведении поставок; 5 – данные о излишке или недостатке готовой продукции и связанных с ним убытках

наличии готовой продукции. Схема управления маркетинговой деятельностью схожа со схемой управления планово-аналитической деятельностью (см. рис. 2).

3. Построение системы сообщения пользователей с БД осуществляют в среде Natural. Данный этап подразумевает последовательное внедрение следующих компонентов:

а) построение математических, экономических, статистических и прочих моделей, используемых в расчетах при проведении анализа и планирования [6]:

- выбор моделей и задач программирования, наиболее адекватно отражающих производственные процессы предприятия;
  - определение порядка выполнения расчетов по выбранным моделям и задачам;
  - ввод формул для обработки данных в соответствии с выбранными моделями и порядком проведения расчетов;
  - приведение результатов расчетов к виду, требуемому для дальнейшей обработки;
- б) создание запросов и программ для извлечения и вставки данных в БД осуществляется путем написания программ (язык Natural);
- в) создание интерфейсов для ввода и вывода данных, а также для управления моделями, расчетами и формами;
- г) создание шаблонов форм вывода результатов анализа, расчетов, форм документов.

4. Разграничение прав доступа на осуществление тех или иных запросов, получение форм отчета и документов.

5. Тестирование и ввод системы в эксплуатацию.

Таким образом в условиях автоматизации системы управления лесопромышленным предприятием предложенная нами информационная система может быть реализована в среде ADABAS и Natural.

*Внедрение систем управления на предприятии.* Рекомендуемые этапы процесса автоматизации систем управления лесопромышленным предприятием в средах ADABAS и Natural:

1. Подготовительный этап. Один из наиболее трудоемких процессов, подразумевает проведение следующих процедур:

выявление потребностей подразделений при проведении автоматизации производственных процессов, сбор информации о используемых в подразделениях показателях;

стандартизация показателей и формата данных, которые будут использоваться в дальнейшем;

предварительное проектирование системы;

стандартизация типов и видов запросов к БД;

стандартизация интерфейса приложений и диалогов, используемых для сообщения с БД (ввод и редактирование данных и др.);

стандартизация форм отчета и вывода.

Под стандартизацией в данном случае подразумевается приведение всех форм, показателей и расчетов в соответствии с внутренними стандартами предприятия или ГОСТами [4].

2. Создание ядра БД. Осуществляется в среде ADABAS. При помощи редактора таблиц определения файлов (таблиц FDT) для каждой единицы данных задают: размер поля данных; формат поля данных (алфавитно-цифровой, двоичный, шестнадцатеричный и др.); свойство поля данных (объявление поля дескриптором, супердескриптором); правила обработки данных.



Тип организации БД выбирают в соответствии со структурой предприятия и строят соответствующую модель структуры:

- гибкая;
- жестко фиксированная;
- смешанного типа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронов, М.П.* Особенности автоматизации документооборота в вузе с использованием средств Software AG (ADABAS, Natural, Entire NetWork) [Текст] / М.П. Воронов, К.К. Замирякин, В.П. Часовских // Информация, инновации, инвестиции: материалы Всерос. конф., 24–25 нояб. 2004 г. – Пермь, 2004. – С 50–52.

2. *Воронов, М.П.* Сравнительный анализ методов прогноза продаж с сезонными колебаниями [Текст] / М.П. Воронов, Л.Ю. Помыткина // Экономическая культура в условиях развития рыночной экономики: отечественная практика и опыт сотрудничества: межвуз. сб. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГЛТУ-УПИ, 2003. – Вып. 6.

3. *Воронов, М.П.* Построение системы комплексной диагностики состояния организации в рамках интегрированной системы управления, внедряемой при помощи средств ADABAS и Natural [Текст] / М.П. Воронов, В.П. Часовских // Проблемы качества, безопасности и диагностики в условиях информационного общества: материалы научно-практ. конф. – М.: МИЭМ, 2004.

4. *Зиндер, Е.З.* Соотнесение и спользование стандартов организации жизненных циклов систем [Текст] / Е.З. Зиндер // Системы управления базами данных. – 1997. – № 3.

5. Информационные технологии в бизнесе. – СПб.: Питер, 2002. – 1120 с.

6. *Щиборщ, К.В.* Интегрированная система управления промышленных предприятий России [Текст] / К.В. Щиборщ // Менеджмент в России и за рубежом. – 2000. – № 4.

*M.P. Voronov, V.P. Chasovskikh*

#### **Creation of Information Management Systems for Forest Industry Enterprise**

The main aspects of creating informational systems for production control, operating resources control, sales management, accounting and planning-analytical activity management are considered.

---

УДК 62-503.55

*М.П. Воронов, В.П. Часовских*

### **Моделирование и мониторинг производственно-сбытовых программ**

Изложены основные принципы создания производственно-сбытовых программ и функционирования системы мониторинга производственно-сбытовых программ лесопромышленных предприятий на основе средств ADABAS и Natural.

*Ключевые слова:* производственно-сбытовая программа, мониторинг, СУБД, автоматизация бизнес-процессов.

В настоящее время в условиях возрастающей конкуренции, все большую значимость для предприятий лесной промышленности приобретает возможность гибкого реагирования на изменения условий рынка и оптимального распределения производственных ресурсов. Мониторинг производственно-сбытовых программ в данном случае подразумевает корректировку производственных планов и планов продаж за счет реагирования на изменение внешних факторов.

Целью данной статьи является разработка основных принципов моделирования и мониторинга производственно-сбытовых программ в средах ADABAS и Natural, а также описание средств и создание таких программ.

Быстродействие и эффективность функционирования системы мониторинга во многом зависит от выбора средства проектирования и управления данным процессом. Одним из наиболее мощных средств проектирования и управления автоматизированных систем является СУБД ADABAS.

ADABAS – это промышленная СУБД, впервые появившаяся на рынке в 60-х годах прошлого века. Она предназначена для управления любыми базами данных и активно развивается в настоящее время. На базе ADABAS и Natural автоматизирована деятельность таких организаций, как Администрация Президента РФ, РАО «Газпром», ГК «Росвооружение», Аэрофлот, ГВЦ Министерства путей сообщения, Министерство иностранных дел, Департамент морского флота РФ, Государственная центральная научная медицинская библиотека, РНЦ «Курчатовский институт», издательство «Пресса», Чебоксарский завод промышленных тракторов, Мурманский морской завод «Севморпуть», Омский шинный завод, Волжский трубный завод, Владимирский химический завод, концерн OTIS и др. [10], а также АСУ ЗАО «Свердлеспром» и АСУП ОАО «Ляля-лес» [8].

В работах [3, 4] приведено сравнение затрат на использование трех профессиональных СУБД. Здесь показано, что при соотношении быстродействия СУБД, возможностей и средств управления данными и затрат на использование СУБД оптимальным выбором для крупных и средних организаций является ADABAS, который работает на мэйнфреймах под управлением операционных систем IBM (OS/390, VSE/ESA, VM/CMS, OS/400), SNI (OSD) и Fujitsu (MSP) и доступен на всех ведущих платформах UNIX, на OpenVMS, Windows NT и Windows 95/98/2000/XP. Наряду с ADABAS SQL Server среду Natural можно использовать в программах операторов SQL для доступа к другим СУБД, в том числе к DB2, MS SQL Server, Oracle, Sybase и т.п. Кроме того, системы, созданные в средах ADABAS и Natural, могут быть объединены со многими существующими СУБД и АСУТП. Подробное описание средств и возможностей ADABAS и Natural приведено в сопроводительной документации фирмы Software AG.

Процесс формирования производственно-сбытовых программ крупных лесопромышленных предприятий представим в виде схемы (рис 1).

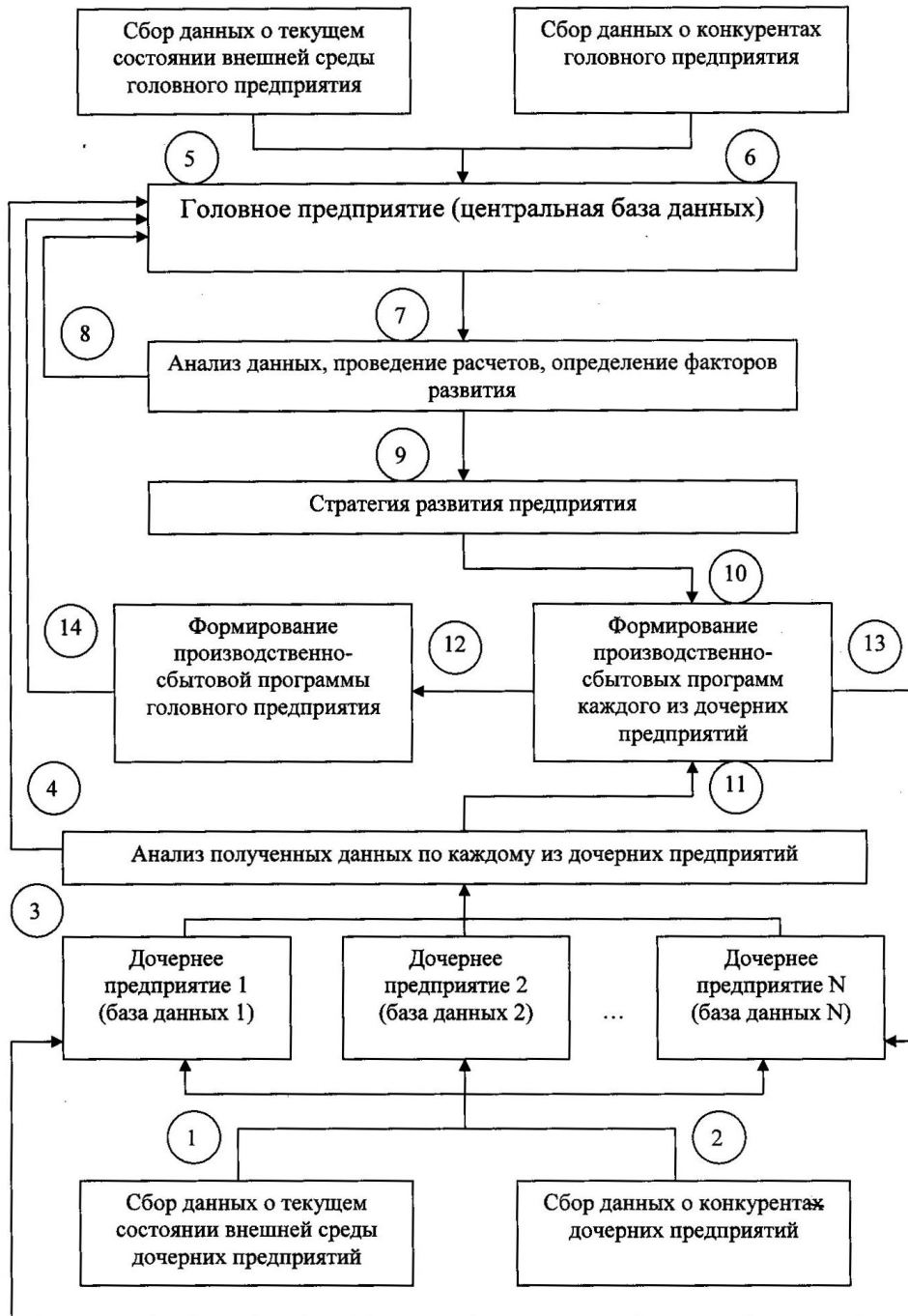


Рис. 1. Схема процесса получения производственно-сбытовых программ корпоративных лесопромышленных предприятий

Здесь использованы следующие обозначения:

- 1 – текущее состояние внешней среды для каждого из дочерних предприятий;
- 2 – конкуренты каждого из дочерних предприятий;
- 3 – внешняя среда и конкуренты дочерних предприятий;
- 4 – анализ каждого из дочерних предприятий в виде стандартизованных форм (в стандартизованном формате) [5];
- 5 – текущее состояние внешней среды головного предприятия;
- 6 – конкуренты головного предприятия;
- 7 – внешняя среда и конкуренты головного предприятия;
- 8 – анализ, расчеты, присвоение соответствующего статуса полям БД, соответствующим определенным факторам развития;
- 9 – анализ и расчеты;
- 10 – стратегия развития предприятия в виде стандартизированной формы (в стандартизованном формате) [5];
- 11 – анализ каждого из дочерних предприятий в виде стандартизованных форм (в стандартизованном формате);
- 12 – производственно-сбытовые программы дочерних предприятий;
- 13 – производственно-сбытовые программы дочерних предприятий;
- 14 – производственно-сбытовая программа головного предприятия.

При моделировании производственно-сбытовых программ в средах ADABAS и Natural необходимо выполнить следующие условия:

1. Все данные о состоянии внешней среды и конкурентах должны быть сведены к определенному набору численных показателей, значения которых с помощью запросов на языке Natural вводятся в БД для дальнейшей обработки и анализа [6]. Можно использовать шкалы оценки сильных и слабых сторон конкурентов по регламентированному ряду конкурентных признаков.

2. Все применяемые в процессе анализа расчеты, а также расчеты, используемые при формировании производственно-сбытовых программ, должны быть стандартизованы, т.е. приведены в соответствие с внутренним установленным порядком их проведения. При внедрении системы рекомендуется создавать вызываемые из управляющих диалогов стандартные программные приложения (или подпрограммы), осуществляющие расчеты [2].

3. Все расчеты осуществляют через управляющие диалоги Natural, позволяющие выделять спектр показателей, по которым необходимо производить расчеты, а также периоды, за которые требуется получить отчет.

4. Все результаты проведенных расчетов должны быть представлены в единой стандартизированной форме (для формирования документов отчета – в соответствии со стандартными формами бухгалтерской отчетности или внутриорганизационными стандартами форм в зависимости от назначения документов) либо в стандартизованном формате (для дальнейшей обработки данных программами). Во втором случае при создании запросов Natural формируется четкая последовательность, в

которой данные заносятся в БД и передаются для дальнейшей обработки, а также система интерпретации показателей, представляющая результаты в понятном для пользователя виде [1, 2].

Мониторинг производственно-сбытовых программ подразумевает проведение анализа текущего состояния внешней среды и конкурентов, корректировку производственных программ в соответствии с полученными результатами, стратегией фирмы и ограничениями предприятия [7]. Для успешного проведения мониторинга производственно-сбытовых программ необходимо:

1. Выявить факторы, обладающие наибольшим значением при проведении анализа конкурентов и внешней среды предприятия.

2. Осуществить корректировку полученных производственно-сбытовых программ (получение новых производственно-сбытовых программ) в соответствии с изменениями во внешней среде и состоянии конкурентов предприятия. Все изменения отображаются в виде вышеперечисленных факторов.

3. Четко установить периодичность проведения анализа внутренней (хозяйственная деятельность) и внешней (сбор данных о внешней среде и конкурентах) сред. Предусмотреть возможность проведения внепланового анализа, а также при создании производственно-сбытовой программы предприятия – автоматический расчет даты, на которую необходимо собрать данные для корректировки программы.

4. Зафиксировать все критерии оценки конкурентных преимуществ, на основе которых принимается решение о разработке новой производственно-сбытовой программы, также численные выражения границы значений, при достижении которых принимается решение о разработке и внедрении очередной производственно-сбытовой программы.

Реализация системы мониторинга производственно-сбытовых программ лесопромышленного предприятия в средах ADABAS и Natural (рис. 2) проводится посредством моделирования различных исполняемых компонентов.

Система мониторинга и моделирования производственно-сбытовых программ в средах ADABAS и Natural может быть реализована с помощью следующих компонентов.

1. Файлы структуры ADABAS составляют ядро БД. В файлах фиксируют структуру хранения данных и свойства их обработки для каждой единицы данных (для каждого поля данных). В файлах ADABAS отражают составляющие системы разработки и мониторинга производственно-сбытовых программ:

- система критериев оценки конкурентных преимуществ и состояния внешней среды;

- показатели и индикаторы, на основе которых производится анализ и расчеты;

система показателей, используемая в производственных процессах предприятия (в том числе те показатели, которые рассчитывают на основе полученных производственно-сбытовых программ);

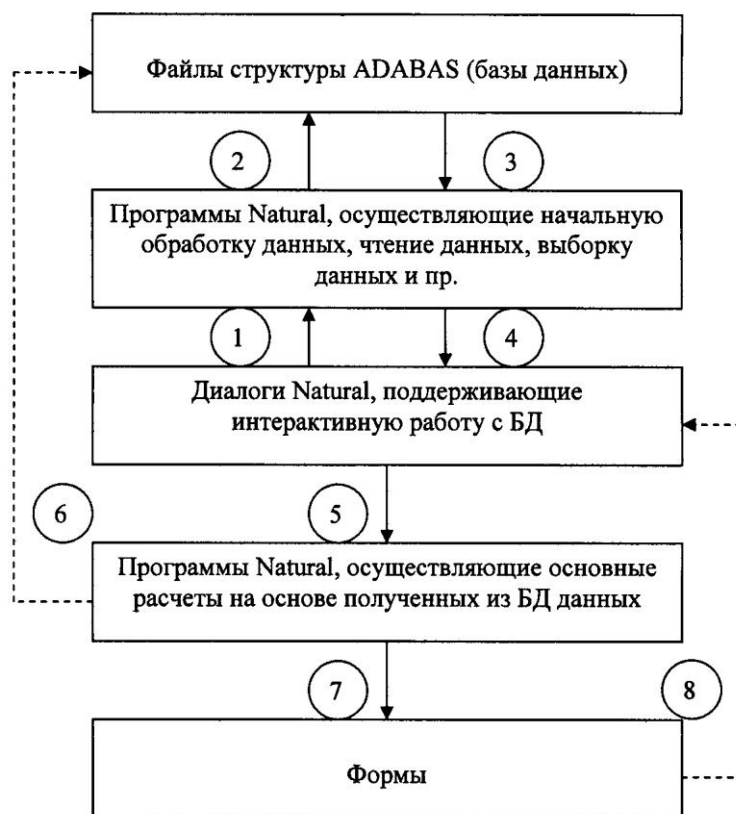


Рис 2. Процесс обработки данных в средах ADABAS и Natural при проведении мониторинга производственно-сбытовых программ: 1 – обращение к программам управления данными (запуск программ); 2 – запросы данных, проведение выборки данных, внесение данных и пр.; 3 – данные; 4 – данные, результаты выборки, результаты; 5 – обращение к программам расчета величин и показателей на основе полученных данных (запуск программ); 6 – результаты проведения анализа; 7 – представление результатов расчетов в виде форм, результаты; 8 – формы

внутренние данные организации (сведения о сотрудниках, произведенной продукции, данные о затратах и пр.);

результаты вычислений, произведенных в результате формирования производственно-сбытовых программ на основе внутренних стандартов показателей и индикаторов;

прочее.

2. Программы-запросы Natural, основное назначение которых – осуществление управления БД. Их обычно подразделяют на группы:

программы первичной обработки данных и ввода данных в БД (в том числе программы проверки вводимых данных на соответствие);

программы, осуществляющие чтение данных в БД в заданной последовательности;

программы, осуществляющие выборку данных из БД по заданным параметрам (критериям);

программы интерпретации показателей и индикаторов;

программы расчета значений на основе запрашиваемых данных.

Программы-запросы представляют собой программный код на языке Natural. В целях избежания ошибок при чтении и вставке данных необходимо создавать программные коды всех видов запросов к БД и в последующем их стандартизировать, т.е. устанавливать внутриорганизационные стандарты для процедур получения и вставки данных с учетом периодов времени, за которые запрашиваются (вставляются) данные, типов данных и пр. При создании диалогов Natural отпадает необходимость написания программы-запроса, вместо этого в окне диалога вызывается уже стандартизированная программа, которая предоставляет собой обработанные данные.

3. Управляющие диалоги Natural и их назначение в рамках системы мониторинга средствами ADABAS и Natural – управление данными. Создаваемые диалоги должны обеспечивать пользователю:

получение данных и результатов выборки за различные периоды времени, которые задают путем изменения соответствующего параметра в окне диалога; далее параметр передается исполняющей программе, которая производит выборку в соответствии с указанными изменениями;

ввод данных для внесения в БД и дальнейшей обработки с предоставлением пользователю для заполнения формы, содержащей поля ввода данных; по окончании заполнения формы пользователь вызывает исполняющую программу для обеспечения ввода данных в БД, в целях избежания ошибок ввода рекомендовано перед осуществлением процедуры ввода данных в БД предварительно проверять их на соответствие требованиям формата данных;

редактирование ранее введенных данных в следующей последовательности: чтение (выборка) данных из БД, обработка полученных данных в окне диалога Natural, вставка данных в БД (данная процедура представляет собой совокупность двух вышеперечисленных);

удаление ранее вводимых данных, в целях обеспечения возможности восстановления данных в случае непроизвольного их удаления пользователями рекомендована следующая процедура удаления:

а) создание однобайтового поля индикатора активности учетной записи при проектировании структуры БД (таблица FDT);

б) чтение данных последовательно, по каждой учетной записи, под-



лежащей удалению, и вывод данных в управляющий диалог;

в) присвоение полю индикатора активности каждой удаляемой учетной записи значения, соответствующего неактивному статусу учетной записи по команде пользователя, исходящей из управляющего диалога;

г) вставка данных в БД;

редактирование текста внутри окна управляющего диалога;

отображение полученных данных в единой форме и возможность манипулирования ими, а также возможность вызова программ дальнейшего расчета для показателей, отмеченных внутри окна диалога;

отображение и печать форм, сформированных после проведения основных расчетов.

4. Программы расчета данных Natural определяют основные показатели, необходимые для формирования производственно-сбытовой программы. При расчете можно использовать математические и статистические методы, оптимизационные модели, модель «дерево решений» и пр. [9], которые реализуют программисты самого предприятия или приобретают у разработчиков программных и расчетных модулей (в том числе интегрированные пакеты SAS). Рассчитанные величины при необходимости окончательно интерпретируют в соответствии с принятыми на предприятии стандартами и передают в формы [5].

5. Все результаты расчетов, а также сама производственно-сбытовая программа отображаются в виде стандартных форм (в соответствии ГОСТом либо внутренним стандартам в зависимости от назначения) [5].

В заключении можно сделать вывод\*, что среды ADABAS и Natural, являясь мощным средством моделирования бизнес-процессов, могут быть применены при моделировании и мониторинге производственно-сбытовых программ, так как содержат все необходимые компоненты для создания и функционирования системы в соответствии с алгоритмом, изложенным выше.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронов, М.П.* Особенности автоматизации документооборота в вузе с использованием средств Software AG (ADABAS, Natural, Entire NetWork) [Текст] / М.П. Воронов, К.К. Замирякин, В.П. Часовских // Информация, инновации, инвестиции: материалы Всерос. конф., 24–25 нояб. 2004 г. – Пермь, 2004. – С. 50–52.

2. *Воронов, М.П.* Построение системы комплексной диагностики состояния организации в рамках интегрированной системы управления, внедряемой при помощи средств ADABAS и Natural [Текст] / М.П. Воронов, В.П. Часовских // Проблемы качества, безопасности и диагностики в условиях информационного общества: материалы научно-практ. конф. – М.: МИЭМ, 2004.

---

\* Данный вывод подтвержден практическим внедрением разработки в ОАО «Вектор».

3. *Воронов, М.П.* Расчет стоимости совокупного использования СУБД [Текст] / М.П. Воронов, В.П. Часовских // Вестник УГТУ–УПИ. – 2004. – № 15 (45). – С. 171–173.
4. *Воронов, М.П.* Сравнительный анализ стоимостей совокупного использования различных СУБД [Текст] / М.П. Воронов, В.П. Часовских // Вестник УГТУ–УПИ. – 2004. – № 15 (45). – С. 167–171.
5. *Зиндер, Е.З.* Соотнесение и использование стандартов организации жизненных циклов систем [Текст] / Е.З. Зиндер // Системы управления базами данных. – 1997. – № 3.
6. Информационные технологии в бизнесе / Под ред. Желены. – СПб.: Питер, 2002. – 1120 с.
7. *Кузнецов, Н.А.* Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем [Текст] / Н.А. Кузнецов, В.В. Кульба, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 800 с.
8. *Слободин, А.В.* Модели и методы повышения эффективности коммуникаций в базах данных АСУП деревообрабатывающей промышленности [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Слободин А.В. – Екатеринбург, 2003. – 200 с.
9. *Щиборщ, К.В.* Интегрированная система управления промышленных предприятий России [Текст] / К.В. Щиборщ // Менеджмент в России и за рубежом. – 2000. – № 4.
10. <http://www1.softwareag.com/Corporate/default.asp> – официальный сайт компании Software AG.

*M.P. Voronov, V.P. Chasovskikh*

### **Simulation and Monitoring of Production-and-Sales Programmes**

The main principles of developing production-and-sales programmes and functioning of monitoring system for production-and-sales programmes of forest-industrial enterprises based on ADABAS and Natural software are provided.

---

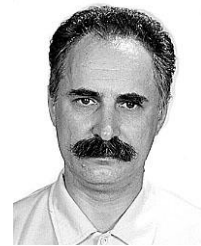


## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 519.653

**А.Ю. Вдовин, С.С. Рублева**

Вдовин Андрей Юрьевич родился в 1957 г., окончил в 1980 г. Уральский государственный университет им. Горького, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 30 печатных работ в области численных методов решения обратных задач динамически управляемых систем.



Рублева Светлана Сергеевна родилась в 1982 г., окончила в 2004 г. Уральский государственный университет им. Горького, ассистент кафедры высшей математики Уральского государственного лесотехнического университета. Область научных интересов – численные методы реализации динамически регуляризируемых алгоритмов.



### О ДИНАМИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ НАХОЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДНОЙ ФУНКЦИИ

Предложен устойчивый алгоритм численного дифференцирования неточно заданной функции, не использующий разностное отношение.

*Ключевые слова:* численное дифференцирование, динамический регуляризирующий алгоритм, управление моделью.

Нами рассмотрена задача численного дифференцирования:

$$\begin{cases} x'(t) = v(t) \\ x(0) = 0 \end{cases}, \quad t \in [0, T], \quad v(0) = 0,$$

где неизвестное  $v(\cdot)$  в общем случае является ограниченной кусочно-непрерывной слева функцией. Вместо функции  $x(\cdot)$  доступна  $\xi(\cdot)$ , для которой  $\xi(t) = \xi(t_i)$  при  $t \in [t_i, t_{i+1})$  (где  $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_n = T$ ;  $t_{i+1} - t_i = \Delta$ ) и  $|\xi(t_i) - x(t_i)| \leq h > 0$ . Естественно предполагать, что к моменту времени  $t$  известны  $\xi(t_i)$  для  $t_i < t$ . Решение этой некорректной проблемы в классической постановке [4] использует конечномерную аппроксимацию и сводится к экстремальной задаче в соответствующем пространстве. Негативным моментом такого подхода является рост размерности при уменьшении  $h$  (проклятие размерности).

Этого недостатка лишены методы, сочетающие элементы теорий некорректных задач и позиционных дифференциальных игр, впервые предложенные в [2].

Будем использовать характерную для позиционных дифференциальных игр систему-модель:

$$\begin{cases} w'(t) = u(t) \\ w(0) = 0 \end{cases}, \quad t \in [0, T].$$

Движение  $w(t)$  будем удерживать вблизи  $x(t)$  за счет выбора  $u(t) = u(t_i)$  при  $t \in [t_i, t_{i+1})$ ,  $i = \overline{0, n-1}$ . Построенное  $u(t)$  будет являться искомым приближением для  $v(t)$ .

Пусть  $\alpha > 0$ . Введем согласование параметров  $h$ ,  $\alpha$  и  $\Delta$ : пусть  $a(h) \rightarrow 0$ ,  $\frac{h}{\alpha(h)} \rightarrow 0$  при  $h \rightarrow 0$ ,  $\Delta = h$ .

#### Схема алгоритма

На промежутке  $[t_0, t_1)$  полагаем  $u(t) = 0$ , далее

$$w(t_{i+1}) = w(t_i) + u(t_i)\Delta \quad \text{для } i = \overline{0, n-2};$$

$$u(t_{i+1}) = \frac{2}{\pi\alpha} (\xi(t_i) - w(t_i) + D_1(t_i) + D_2(t_i) + D_3(t_i)),$$

где

$$D_1(t_i) = \frac{2}{\pi\alpha} \int_0^{t_i} \xi(s) \left( 1 + \left( \frac{t_i - s}{\alpha} \right)^2 \right)^{-1} ds;$$

$$D_2(t_i) = -\frac{4}{\pi\alpha} \int_0^{t_i} \xi(s) \left( 1 + \left( \frac{t_i - s}{\alpha} \right)^2 \right)^{-1} \left( \frac{t_i - s}{\alpha} \right) \operatorname{arctg} \left( \frac{t_i - s}{\alpha} \right) ds;$$

$$D_3(t_i) = -\frac{4}{\pi\alpha} \int_0^{t_i} \xi(s) \left( 1 + \left( \frac{t_i - s}{\alpha} \right)^2 \right)^{-1} \left( \frac{t_i - s}{\alpha} \right) \left( \frac{\pi}{2} \left( 1 + \left( \frac{t_i - s}{\alpha} \right)^2 \right)^{-1} - \operatorname{arctg} \left( \frac{t_i - s}{\alpha} \right) \right) ds.$$

Подчеркнем, что к моменту времени  $t_{i+1}$  наличествует вся необходимая информация для вычисления  $u(t_{i+1})$ . Следовательно, при достаточном быстродействии вычислительного устройства нахождение производной может быть реализовано динамически (в темпе реального времени). Таким образом, алгоритм описан конструктивно.

Пусть

$$\begin{cases} \bar{w}'(t) = \bar{u}(t) \\ \bar{w}(0) = 0 \\ \bar{u}(0) = 0 \end{cases}, \quad t \in [0, T] \text{ и}$$

$$\bar{u}(t) = \frac{2}{\pi\alpha} (x(t) - \bar{w}(t) + \bar{D}_1(t) + \bar{D}_2(t) + \bar{D}_3(t)), \quad (1)$$

где  $\bar{D}_i(t)$  ( $i = 1, 2, 3$ ) вычисляются аналогично  $D_i(t)$  заменой  $\xi(s)$  на  $x(s)$ .

Несложно убедиться, что при  $h \rightarrow 0$   $u(t) - \bar{u}(t) \rightarrow 0$  почти всюду.

Обсудим сходимость приближения  $u(t)$  к  $v(t)$  при  $h \rightarrow 0$ . Для этого покажем, что  $\bar{u}(t) - v(t) \rightarrow 0$  при  $h \rightarrow 0$ :

$$\begin{aligned} \bar{D}_1(t) + \bar{D}_2(t) + \bar{D}_3(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^t x(s) \left( 1 + \left( \frac{t-s}{\alpha} \right)^2 \right)^{-1} - \\ &- \frac{2}{\alpha^2} \int_0^s x(l) \left( 1 + \left( \frac{t-s}{\alpha} \right)^2 \right)^{-2} \left( \frac{1}{\alpha} - \frac{2}{\alpha} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) \right) ds. \end{aligned}$$

Применим к интегралу  $\frac{2}{\alpha^2} \int_0^s x(l) \left( 1 + \left( \frac{t-s}{\alpha} \right)^2 \right)^{-2} \left( \frac{1}{\alpha} - \frac{2}{\alpha} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) \right) ds$  метод интегрирования по частям:

$$\begin{aligned} \bar{D}_1(t) + \bar{D}_2(t) + \bar{D}_3(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^t \int_0^s v(l) \left( 1 + \left( \frac{t-l}{\alpha} \right)^2 \right)^{-1} dl \times \\ &\times \left( \frac{1}{\alpha} - \frac{2}{\alpha} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) \right) ds. \end{aligned}$$

К полученному интегралу снова применим метод интегрирования по частям:

$$\begin{aligned} \bar{D}_1(t) + \bar{D}_2(t) + \bar{D}_3(t) &= -\alpha \int_0^t \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) \left( 1 + \left( \frac{t-s}{\alpha} \right)^2 \right) \frac{2}{\pi \alpha} \times \\ &\times \left( 1 + \left( \frac{t-s}{\alpha} \right)^2 \right)^{-1} v(s) ds + \alpha \bar{u}(t) \frac{\pi}{2} = \frac{\alpha \pi}{2} \bar{u}(t) - \frac{2}{\pi} \int_0^t \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) v(s) ds = \\ &= \frac{\alpha \pi}{2} \bar{u}(t) - \frac{2}{\pi} \int_0^t \left( \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) - \frac{\pi}{2} \right) v(s) ds - \int_0^t v(s) ds = \\ &= \frac{\alpha \pi}{2} \bar{u}(t) + \frac{2}{\pi} \int_0^t \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) v(s) ds - x(t). \end{aligned}$$

Подставим найденную сумму в уравнение (1):

$$\bar{u}(t) = \frac{2}{\alpha \pi} \left( x(t) - \bar{w}(t) + \frac{2}{\pi} \int_0^t \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) v(s) ds - x(t) + \frac{\alpha \pi}{2} \bar{u}(t) \right),$$

тогда

$$\bar{w}(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^t \operatorname{arctg} \left( \frac{t-s}{\alpha} \right) v(s) ds.$$

Заметим, что  $\operatorname{arctg}\left(\frac{t-s}{\alpha}\right) = \frac{1}{\alpha} \int_s^t \left(1 + \left(\frac{l-s}{\alpha}\right)^2\right)^{-1} dl$ , следовательно

$$\bar{w}(t) = \frac{2}{\pi\alpha} \int_0^t \int_s^t \left(1 + \left(\frac{l-s}{\alpha}\right)^2\right)^{-1} v(s) dl ds.$$

Изменив порядок интегрирования, будем иметь

$$\bar{w}(t) = \frac{2}{\pi\alpha} \int_0^t \int_0^l \left(1 + \left(\frac{l-s}{\alpha}\right)^2\right)^{-1} v(s) ds dl.$$

Продифференцируем последнее равенство:

$$\bar{u}(t) = \frac{2}{\pi\alpha} \int_0^t \left(1 + \left(\frac{t-s}{\alpha}\right)^2\right)^{-1} v(s) ds. \quad (2)$$

Отметим, что указанный сингулярный интеграл отличается от общеупотребительных тем, что является неупреждающим (т.е. не использует информацию после момента времени  $t$ ). Ядро интеграла (2) обладает свойствами, рассмотренными в [3]. Поэтому имеет место следующая теорема для  $t \in [0, T]$ , при котором функция  $v(t)$  непрерывна слева:  $\lim_{h \rightarrow 0} \bar{u}(t) = v(t)$ , а значит  $\lim_{h \rightarrow 0} u(t) = v(t)$ .

Доказательство теоремы фактически повторяет доказательство, приведенное в [3].

*Замечание.*  $\alpha(h)$  рекомендуется полагать равным  $h^{2/3}$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красовский, Н.Н. Управление динамической системой. Задача о минимуме гарантированного результата [Текст] / Н.Н. Красовский. – М.: Наука, 1985. – 518 с.
2. Кряжимский, А.В. О моделировании управления в динамической системе [Текст] / А.В. Кряжимский, Ю.С.Осипов // Техн. кибернетика – 1983. – № 2. – С. 51–60. – (Изв. АН СССР).
3. Натансон, И.П. Теория функций вещественной переменной [Текст] / И.П. Натансон. – М.: Наука, 1974. – 340 с.
4. Тихонов, А.Н. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация [Текст] / А.Н. Тихонов [и др.]. – М.: Наука, 1983. – 198 с.

*A.Yu. Vdovin, S.S. Rubleva*

#### **On Dynamic Algorithm of Derived Function Determination**

Durable algorithm of numerical differentiation for inexact given function not using difference coefficient is proposed.

УДК 620.9.630

***В.Г. Лисиенко, Т.С. Кириллова, Д.Н. Богословский***

Лисиенко Владимир Георгиевич родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Уральский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, действительный член АИН и МЭА, Союза научных и инженерных обществ, вице-президент АИН, президент УрО АИН РФ, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии правительства РФ, заведующий кафедрой автоматизации и управления в технических системах Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 800 печатных трудов в области математического моделирования, управления и совершенствования высокотемпературных энерготехнологических процессов, энергосбережения и экологии.



Кириллова Татьяна Сергеевна родилась в 1981 г., окончила в 2003 г. Уральский государственный лесотехнический университет, ассистент кафедры автоматизации производственных процессов, аспирант УГЛТУ.



Богословский Дмитрий Николаевич родился в 1980г., окончил в 2002 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант УГЛТУ.

**ОЦЕНКА ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Проведена оценка энергоемкости целлюлозно-бумажного производства; показаны преимущества данной методики и определена специфика ее применения для деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

*Ключевые слова:* первичная энергия, технологическое топливное число, целлюлозно-бумажная промышленность, энергоемкость производства.

Для успешной работы любого предприятия в условиях рыночной экономики необходимо эффективное управление энергетическими и материальными потоками ресурсов. В связи с опережающим ростом цен на энергоресурсы доля затрат на них в себестоимости продукции возрастает, поэтому в настоящее время на первый план выдвигаются мероприятия, связанные с сокращением расходов на энергоресурсы. Для этого требуется решить задачу о методах учета энергопотребления, дающих более точную оценку потребленных ресурсов в производственных процессах.

Оценка расхода ресурсов основана, как правило, на сравнении фактических и нормативных затрат по отдельным агрегатам и участкам либо на составлении балансов потребляемых ресурсов (тепловой баланс, топливный баланс и др.). Однако это не позволяет в полной мере и объективно оценить энергосбережение на предприятии. Наиболее точную оценку эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий дает показатель, учитывающий особенности производства на протяжении всей технологической цепочки, начиная со стадии добычи и обработки первичного сырья и заканчивая стадией упаковки и транспортировки готового продукта.

В целях создания такого показателя энергоемкости готовой продукции была разработана методика сквозного энергетического анализа, в основу которой положен расчет технологического топливного числа (ТТЧ) – показателя энергоемкости производства, предложенная в 80-х годах прошлого века. Данная методика позволяет провести полный энергетический анализ, рассчитать сквозные суммарные энергоемкости технологического продукта, что способствует повышению интегрального показателя использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), учету использования вторичных материальных и энергетических ресурсов. Кроме того, метод позволяет рассчитать энергоемкость новых (планируемых) технологий и производств и уже существующих производств при изменении структуры технологического процесса или замене энергоносителей, потребляемых в производстве [3, 4, 5].

В настоящее время методика нашла широкое применение в различных областях промышленности [4], а основные положения полного энергетического анализа закреплены в ГОСТах [2]. Методика имеет ряд существенных преимуществ, позволяющих достаточно объективно проводить энергетический анализ или анализ эффективности использования энергии в производственном процессе. Кроме того, применение энергосберегающих технологий не только экономит топливо и энергетические ресурсы, участвующие в технологическом процессе, но значительно сокращает количество отходов и вредных выбросов, которые присутствуют на любом производстве.

Целлюлозно-бумажная промышленность относится к таким отраслям, в которых потребляется большое количество энергетических ресурсов, т.е. энергосбережение для ЦБП актуально. Отличительной чертой производств ЦБП является то, что, с одной стороны, энергетические затраты вносят значительный вклад в цеховую себестоимость продукции, с другой – надежность энергоснабжения и стабильность параметров энергоносителей существенно влияют на качество продукции.

Как сказано выше, в ходе энергетического анализа рассчитывают ТТЧ, которые представляют собой суммарные затраты всех видов энергии, пересчитанные на необходимое для их получения первичное топливо. Единицы измерения ТТЧ – кг условного топлива/единица продукции.

При расчете структурированной формы ТТЧ продукции рассматривают следующие виды энергии [5]: первичная  $\mathcal{E}_1$  – химическая энергия ископаемого первичного топлива; производная  $\mathcal{E}_2$  – энергия производных энергоносителей (электроэнергия, пар, сжатый воздух, кислород и т.п.);



скрытая  $\mathcal{E}_3$  – энергия, израсходованная в предшествующих технологиях и учитываемая в скрытом виде исходные материалы, оборудование, капитальные сооружения на данном технологическом этапе производства с учетом соответствующих расходных коэффициентов; вторичных ресурсов  $\mathcal{E}_4$  – энергия, которая складывается из фактически сэкономленных энергозатрат при использовании в данном или других производствах тепловых, топливных, материальных и других ресурсов; при этом учитывается химическая энергия вторично используемого топлива, тепловая энергия (пар), а также материальные ресурсы на том переделе, на котором заменяются первичные ресурсы с учетом коэффициентов использования вторичных ресурсов.

Согласно определению, ТТЧ – как сумма всех видов энергий, используемых на данном этапе производства:

$$\text{ТТЧ} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4 .$$

Данная методика была использована для оценки энергоемкости основных производств целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК), в результате чего получены данные по энергоемкости продукции (сульфатная целлюлоза, бумага), производимой на предприятии. Весь производственный процесс был разбит на стадии и на каждой из них выделены основные виды используемой энергии. Для получения данных о энергоемкости конечных продуктов проведены промежуточные расчеты, в процессе которых вычислены энергоемкости производства пара и химикатов. В ходе расчетов были сделаны некоторые допущения. Так, ввиду сложности оценки ТТЧ ряда используемых химикатов условно рассчитано из соотношения цен (руб/кг)  $i$ -го химиката  $\mathcal{C}_i$ , извести  $\mathcal{C}_{\text{изв}}$  и  $\text{ТТЧ}_{\text{изв}}$ , которые известны:

$$\text{ТТЧ}_i = \frac{\mathcal{C}_i}{\mathcal{C}_{\text{изв}}} \text{ТТЧ}_{\text{изв}} .$$

Результаты расчета энергоемкости производств сульфатной целлюлозы и бумаги в условиях одного из отечественных ЦБК представлены в таблице. В ходе анализа весь технологический процесс производства целлюлозы разбивали на операции (варка целлюлозы, очистка целлюлозы и регенерация щелока), потребляющие следующие формы энергии:  $\mathcal{E}_2$  – электроэнергия, пар, вода техническая;  $\mathcal{E}_3$  – щепы, химикаты;  $\mathcal{E}_4$  – щепы, полученная из отходов лесопиления, химикаты, используемые повторно благодаря перепуску и регенерации щелока, пар.

По аналогии с производством целлюлозы при энергетическом анализе производства бумаги выделены следующие формы используемой энергии (см. таблицу):  $\mathcal{E}_2$  – электроэнергия, пар, вода техническая;  $\mathcal{E}_3$  – целлюлоза сульфатная небеленая, химикаты;  $\mathcal{E}_4$  – вода обратная, пар.

Результаты анализа позволяют выявить виды энергии и энергоносители, которые вносят основной вклад в величину полной энергоемкости готовой продукции, что, в свою очередь, позволяет при разработке мероприятий по энергосбережению ранжировать их и выбирать среди них наиболее рациональные для конкретного производства. Так, по данным, полученным

## Расчет ТТЧ целлюлозы и бумаги

Форма энергозатрат	Статья расхода	Технологическое топливное число	Удельный расход, ед. изм./т	Энергозатраты, кг у. т./т
Целлюлоза				
Э <sub>2</sub>	Электроэнергия, МВт·ч	422,00	0,312	131,664
	Пар, Гкал	241,50	3,52	850,08
	Вода техническая, м <sup>3</sup>	0,105	376,09	39,49
	Щепа с ДПУ, м <sup>3</sup>	6,631*	4,52	29,972
Э <sub>3</sub>	Химикаты, кг:			
	известь	0,283	0,264	0,075
	скипидар	0,754	0,004	0,003
	сода кальцинированная сульфат натрия	0,170 0,245	0,100 0,137	0,017 0,033
Э <sub>4</sub>	Щепа из отходов, м <sup>3</sup>	6,631*	-0,25	-1,658
	Пар, Гкал	241,50	-0,81**	-195,615
	Химикаты, кг:			
	известь	0,283	-0,203***	-0,057
	скипидар	0,754	-0,003***	-0,002
	сода кальцинированная сульфат натрия	0,170 0,245	-0,077*** -0,106***	-0,013 -0,026
Итого ТТЧ целлюлозы, кг у.т./т				853,963
Бумага				
Э <sub>2</sub>	Электроэнергия, МВт·ч	422,00	0,80	337,60
	Пар, Гкал	241,50	2,27	548,21
	Вода техническая, м <sup>3</sup>	0,105	65,25	6,85
Э <sub>3</sub>	Целлюлоза, т	853,96	1,05	896,66
	Химикаты, кг:			
	канифоль	0,755	3,50	2,64
	алюминий	0,245	52,50	12,86
	сода кальцинированная силикат натрия	0,170 0,105	0,60 0,50	0,10 0,05
Э <sub>4</sub>	Вода техническая, м <sup>3</sup>	0,105	-48,94*	-5,14
	Пар, Гкал	241,50	-0,227****	-54,83
Итого ТТЧ бумаги, кг у.т./т				1745,00

\* ТТЧ щепы рассчитано с учетом затрат электрической энергии и сжатого воздуха при производстве щепы.

\*\* Удельный расход вторично используемого пара взят в размере 23 % от общего количества пара на варку целлюлозы, 10 % – на производство бумаги.

\*\*\* Согласно литературным данным процент регенерации щелока может достигать 75...80, при этом учтены сдувки в период заварки, сдувки низкого и высокого давления, перепуск щелока, регенерация варочного основания; процент вторичного использования химикатов принят 77 % от используемой массы соответствующего химиката.

\*\*\*\* Удельный расход оборотной воды (вторичная энергия) для расчетов приняты в размере 75 % от общего количества воды, используемой при производстве бумаги.

в процессе анализа энергоемкости производства целлюлозы видно, что основной составляющей энергоемкости целлюлозы является энергия производных энергоносителей – тепловая (80 %) и электрическая (12 %). В результате этого можно сделать вывод о целесообразности внедрения в первую очередь мероприятий, направленных на уменьшение расхода или повышение эффективности использования, именно, этих энергоносителей. Так, вторичное использование пара, как наиболее энергоемкого носителя, позволяет снизить энергоемкость целлюлозы на 18 %. Кроме того, метод полного энергетического анализа можно использовать для расчета энергоемкости новых или модернизации уже существующих технологий, что способствует своевременному выявлению наиболее эффективных методик и снижению энергоемкости конечной продукции.

Следует отметить, что учет первичной энергии в целлюлозно-бумажном производстве и в любых деревообрабатывающих производствах, по нашему мнению, имеет специфику, которая состоит в том, что первичный ресурс – древесина – является особого рода биовозобновляемым природным ресурсом, т.е. ресурсом, требующим человеческого участия в процессе проведения работ по восстановлению леса. Заметим, что в процессе проведения энергетического анализа производства целлюлозы специально не учитывали первичную энергию, т.е. энергию древесины как энергетического носителя (топлива).

В общем виде энергоемкость первичных энергоресурсов определяли как

$$\mathcal{E}_1 = Q_n^p \varphi, \quad (1)$$

где  $Q_n^p$  – низшая рабочая теплота сгорания топлива, кг у. т./ед. топлива;

$\varphi$  – удельный расход топлива, ед. топлива/ед. готовой продукции.

При определении показателя энергоемкости древесины, с нашей точки зрения, необходимо учитывать собственную энергоемкость древесины, а также возможность и затраты на ее восстановление; при этом качество восстановительных работ должно оцениваться как качественными, так и количественными характеристиками древесины до и после восстановления. В этом случае значение ТТЧ древесины (с учетом работ по лесовосстановлению) и первичной энергии древесины  $\mathcal{E}_1^{\text{древ}}$  можно представить в виде

$$\text{ТТЧ}^{\text{древ}} = Q_n^p (1 - \Psi) + \text{ТТЧ}_{\text{восст}}; \quad (2)$$

$$\mathcal{E}_1^{\text{древ}} = \text{ТТЧ}^{\text{древ}} \varphi, \quad (3)$$

где  $\Psi$  – степень восстановления древесины с учетом изъятия прироста остатков вырубленной древесины на лесосеках, а также гибели лесов при пожарах;

$\text{ТТЧ}_{\text{восст}}$  – энергоемкость лесовосстановительных работ с учетом затрат на заготовку семян деревьев, выращивание из них саженцев, высадку саженцев и последующий уход за ними, а также качественных показателей восстанавливаемой древесины, кг у. т./м<sup>3</sup>.

Приблизительная оценка величины  $\Psi$  для такой перспективной (в смысле древесных ресурсов) области, как Иркутская, показывает, что изъятие ежегодного прироста древесины составляет 40 %, в то время как в странах Америки и Европы этот показатель колеблется от 60 до 80 % [6]. Эти цифры наглядно показывают, что величина  $\Psi$  в формулах (2) и (3) может быть даже больше единицы (для приведенных примеров соответственно 2,50 и 1,25). Если учесть, что для древесины  $Q_n^p = 154,28$  ккал/м<sup>3</sup> = 646,43 кДж/м<sup>3</sup> и расход древесины на получение 1 т целлюлозы составляет 4,52 м<sup>3</sup>/т (см. таблицу), то по формуле (1) величина  $\mathcal{E}_1 = 697,34$  кг у. т./т. Это довольно значительная величина (66 % от ТТЧ целлюлозы), которая вносит заметный вклад в энергоемкость. Однако, с учетом  $\Psi = 2,50$  и 1,25 из формул (2) и (3) следует парадоксальный, на первый взгляд, вывод, что первичная энергия древесины  $\mathcal{E}_1^{\text{древ}}$  не только не увеличивает энергоемкость продукции, но даже может значительно ее снижать. Это зависит от степени вырубки лесов и их восстановления и еще раз подтверждает факт специфичности, с точки зрения энергоемкости, такого сырьевого ресурса, как древесина. Требуется уточнения расход энергии на восстановление лесов, которое носит скорее региональный или производственно-территориальный локальный характер.

Таким образом, применение методики полного энергетического анализа для оценки энергоемкости основных производств целлюлозно-бумажной промышленности позволит оценить влияние каждого энергоносителя на энергоемкость готового продукта, а расчет ТТЧ древесины по формуле (1) – уточнить величину первичной энергии и получить более точные результаты, по которым в дальнейшем можно судить об эффективности той или иной технологии, сырьем для которой является такой биовосстанавливаемый ресурс, как древесина.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдаков, В.П. Эффективность жизни (введение в экоматерику) [Текст] / В.П. Бурдаков. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 304с.
2. ГОСТ Р 51750–2001. Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения [Текст].
3. Лисиенко, В.Г. Методика полного энергетического анализа и расчет технологических топливных чисел в производстве бумаги [Текст] / В.Г. Лисиенко, В.А. Лискин, Е.И. Дукин // Лесн. журн. – 2002. – № 5. – С. 124–132. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Лисиенко, В.Г. Хрестоматия энергосбережения: справочник [Текст] / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев; под ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 688 с. (книга 1); 768 с. (книга 2).
5. Лисиенко, В.Г. Энергетический анализ. Методология и базовое информационное обеспечение: учеб. пособие [Текст] / В.Г. Лисиенко [и др.]. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2001. – 100 с.

---

6. Лобанов, В.Ю. Собственная генерация энергии – способ реального повышения конкурентных преимуществ предприятий лесопромышленного комплекса [Текст] / В.Ю. Лобанов, А.В. Мехренцев // Энергетика региона. – 2004. – № 10(75). – С. 37–40.

*V.G. Lisienko, T.S. Kirillova, D. N. Bogoslovsky*

**Power-consuming Capacity Evaluation of Basic Manufactures  
of Pulp-and-paper Industry**

Evaluation of power-consuming capacity of pulp-and-paper production is carried out by the method of complete power analysis. Advantages of the given method are shown and specific character of its use is determined for woodworking and pulp-and-paper industry.

---

УДК 66.047 + 66.069.83

### *М.Н. Гамрекели*

Гамрекели Михаил Николаевич родился в 1940 г., окончил в 1963 г. лесомеханический факультет Уральского государственного лесотехнического института, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры охраны труда Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 100 научных работ в областях исследований тепломассообмена в дисперсных средах, энергосбережения в процессах и аппаратах химической технологии, переработки промышленных отходов.



## **ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВОК РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ**

Предложены методики выбора значений начальной температуры сушильного воздуха и его расхода, при которых обеспечиваются максимальная производительность установок распылительной сушки и минимальные энергозатраты.

*Ключевые слова:* распылительная сушка, лигносульфанаты, кормовые дрожжи, производительность, сушильный воздух, максимальные температура и расход, минимальные энергозатраты.

Во многих отраслях промышленности широко применяют распылительную сушку для получения из растворов и суспензий сухих дисперсных продуктов. На целлюлозно-бумажных комбинатах этот способ используют в производстве лигносульфанатов и кормовых дрожжей. Минимизация удельных энергетических затрат и потерь продукта может быть обеспечена при максимально высокой производительности установки распылительной сушки, которая достигается за счет применения предельно высоких значений начальной температуры сушильного воздуха и его расхода. Однако в научной литературе отсутствуют обоснованные рекомендации по выбору этих параметров.

### *Выбор предельных значений производительности сушилки по испаренной влаге и начальной температуры сушильного воздуха*

Известно, что наибольшая производительность установок для получения сухих дисперсных продуктов из растворов может быть получена при двухстадийном процессе. Первую стадию осуществляют в распылительной сушилке [5]. Подсушивание продукта на 2-й стадии происходит в таких устройствах, в которых обеспечено достаточно длительное время пребывания продуктов, так как этот процесс протекает в периоде падающей скорости сушки.

Анализ кинетики распылительной сушки показывает, что производительность по испаренной влаге значительно возрастает при уменьшении температуры сушильного воздуха на выходе из камеры  $t_{\text{вых}}$ , что соответствует более высокой влажности продукта. При одностадийном процессе максимально возможная влажность продукта на выходе из сушильной камеры

$B'_p$  не должна превышать значения, предусмотренного стандартом. При двухстадийном процессе влажность продукта после распылительной сушки (1-я стадия) должна быть максимально высокой, но соответствовать такому состоянию продукта, при котором он сохраняет сыпучесть и может без затруднений перемещаться по технологически линиям.

На основании исследований процесса распылительной сушки различных продуктов нами установлено, что фактическая влажность продукта при рабочем режиме сушки составляет 82 ... 87 % (в среднем 85 %) от влажности, которая равновесна температуре  $t_{\text{вых}}$ , что свидетельствует о недостаточном пребывании в камере. При расчетах процесса сушки это обстоятельство может быть учтено коэффициентом достижимости равновесной влажности  $k_p = 0,85$ .

Используя зависимость равновесного состояния фаз при сушке

$$\lg B_p = A \varphi_{\text{вл}} + \lg (B + C t_{\text{вых}}), \quad (1)$$

задавая  $B_p = k_p B'_p$  и температуру на выходе из камеры  $t_{\text{вых}}$ , определяют соответствующую относительную влажность  $\varphi_{\text{вл}}$  отработанного сушильного воздуха.

Здесь  $A, B, C$  – опытные коэффициенты.

При известных значениях  $t_{\text{вых}}$  и  $\varphi_{\text{вл}}$  по  $i-d$  диаграмме влажного воздуха находят его конечное абсолютное влагосодержание  $d_{\text{вл.к}}$ .

При заданном расходе сушильного воздуха  $m_b$  определяют предельную максимальную производительность по испаренной влаге сушильной камеры:

$$W_{\text{max}} = (d_{\text{вл.к}} - d_{\text{вл.н}}) m_b, \quad (2)$$

где  $d_{\text{вл.к}}$ ,  $d_{\text{вл.н}}$  – конечное и начальное влагосодержание.

По линии постоянного теплосодержания при заданных значениях начальной  $d_{\text{вл.н}}$  и конечной  $d_{\text{вл.к}}$  абсолютной влажности сушильного воздуха находят предельное значение начальной температуры воздуха на входе камеры  $t_{\text{вх}}$ . С учетом теплопотерь  $D$  через стенку камеры (в процентах от полезных затрат тепла на процесс сушки в камере) необходимое значение начальной температуры составит

$$t'_{\text{вх}} = t_{\text{вх}} + 0,01 D(t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}). \quad (3)$$

В качестве базового режима рассмотрен процесс распылительной сушки на отечественной установке РСУ-1000, предназначенной для сушки различных типов продуктов, с проектной производительностью по испаренной влаге  $W = 1030$  кг/ч при начальной температуре сушильного воздуха  $t'_{\text{вх}} = 177$  °С и его расходе  $m_0 = 34\,545$  кг/ч.

Для промышленного производства сухих лигносульфанатов и кормовых дрожжей выполнены оценочные расчеты максимально достижимых значений начальной температуры воздуха и соответствующей производительности по испаренной влаге при сохранении проектного расхода сушильного воздуха. Расчеты проведены по известному [6] уравнению равно-

весного состояния, связывающего температуру сушильного воздуха на выходе из сушильной камеры, его влажность и влажность подвергаемого сушке продукта (молоко). Уравнение было получено для идентичных условий (температура и расход сушильного воздуха, дисперсность распыливания) процесса сушки лигносульфанатов и дрожжей:

$$\lg B_p = 0,01445 \varphi_{\text{вл}} + \lg (1,423 + 0,0543 t_{\text{вых}}). \quad (4)$$

Сыпучесть таких продуктов может сохраняться при их достаточно высокой влажности (8 ... 10 %) после 1-й стадии сушки. Так, в условиях распылительной сушки на 1-й стадии ( $B'_p = 8,2$  %,  $t_{\text{вых}} = 65$  °С,  $k_p = 0,85$  и  $D = 10$  %), предельные значения параметров процесса составляют:  $t'_{\text{вх}} = 265$  °С и  $W_{\text{max}} = 2110$  кг/ч. При заданной температуре воздуха на выходе из сушильной камеры  $t_{\text{вых}} = 70$  °С и сохранении других начальных условий максимально предельные значения начальной температуры сушильного воздуха и производительности по испаренной влаге увеличатся и соответственно составят  $t'_{\text{вх}} = 295$  °С и  $W_{\text{max}} = 2473$  кг/ч.

В рассмотренных примерах принято, что подсушка продукта (2-я стадия) до стандартной влажности (3 ... 6 %) производится глубоко осушенным воздухом в виброаппарате, в котором можно обеспечить длительное и регулируемое время пребывания.

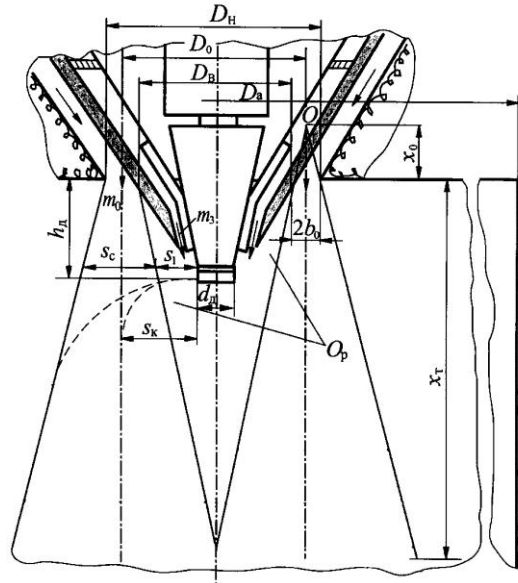
#### *Расчет предельного расхода сушильного воздуха*

Производительность сушильной камеры может быть значительно увеличена за счет подачи большего количества сушильного воздуха.

Этого можно достичь, изменяя размеры кольцевой щели для подачи сушильного воздуха и его начальную скорость. Схема воздухораспределительного устройства приведена на рисунке.

Начальная скорость истечения кольцевой струи  $w_0$  зависит от расхода теплоносителя  $m_0$  и размеров кольцевой щели для его подачи:





Устройство для подачи сушильного воздуха в распылительной камере ( $d_d$  – диаметр распыляющего диска;  $D_a$  – диаметр сушильной камеры;  $h_d$  – вылет диска относительно потолка камеры;  $H_a$  – высота камеры;  $m_0$  – расход сушильного воздуха;  $m_3$  – расход холодной воздушной струи, защищающей диск от нагрева;  $O$  – полюс струи теплоносителя;  $O_p$  – внутренняя область рассеяния струи теплоносителя;  $S_1$  – путь капли от диска до входа в струю;  $S_k$  – путь капли до оси кольцевой струи)

$$w_0 = \frac{4m_0}{\pi \rho_{г0} (D_n^2 - D_b^2)}, \tag{5}$$

где  $\rho_{г0}$  – плотность газа на срезе щели воздухораспределительного аппарата;

$D_n, D_b$  – наружный и внутренний диаметр кольцевой щели для подачи теплоносителя.

На основе теории турбулентных струй [1] получено выражение, которое функционально связывает время пребывания частиц продукта  $\tau_{ч.т}$ , начальную скорость истечения  $w_0$ , расход струи теплоносителя (сушильный воздух)  $m_0$  и размеры щели воздухораспределительного устройства:

$$\frac{\tau_{ч.т} x_t m_0 \sqrt{\frac{\rho_{г0}}{\rho_{гт}}}}{1,25 \sqrt{\frac{a_c}{b_0} \left( x_t + x_0 \right)^{1,5} \rho_{г0} (D_n^2 - D_b^2)}} = x_t + (\pm \tau_{ч.т} w_{вит}), \tag{6}$$

где  $\rho_{г.т}$  – плотность газа в текущем сечении воздухораспределительного аппарата.

Знак «плюс» перед  $\tau_{ч.т}$  в правой части выражения (6) относится к процессу с нисходящей струей теплоносителя, «минус» – с восходящей.

В общем случае переход от базового режима к режиму с увеличенным расходом воздуха осуществляют в следующем порядке.

1) В координатах  $x_t$  и  $B_p$  по кинетической кривой сушки заданного продукта, полученной для базового режима действующей установки, определяют расстояние  $x_t$ , соответствующее достижению определенного значения влажности продукта  $B_p$  (при одностадийной распылительной сушке это стандартная влажность). В двухстадийном процессе задают влажность, при которой продукт приобретает сыпучесть и не прилипает к стенкам камеры. При расчете процесса для нового вида продукта предварительно проводят опытную сушку на лабораторной или промышленной установке. Используя значения влажности продукта, полученные при пробоотборе в нескольких точках по высоте камеры, строят участок кинетической кривой, соответствующий скорости сушки на 2-й стадии.

2) По формуле (6) рассчитывают  $\tau_{ч.т}$ , соответствующее значению  $x_t$ .

3) Находят путь торможения  $s_t$  капель максимального размера, пользуясь методикой пошагового расчета и зависимостями [4].

4) Определяют средний диаметр начальной струи  $D_0$ ,  $b_0$  и диаметры кольцевой щели  $D_b$  и  $D_n$  из условий, что капля не вылетает за пределы струи теплоносителя:

$$b_0 \geq \frac{s_k - s_l - 2h_d \operatorname{tg} \frac{\alpha_\phi}{2}}{2}; \quad (7)$$

$$D_0 \geq 2 \left( s_k - h_d \operatorname{tg} \frac{\alpha_\phi}{2} + \frac{d_d}{2} - b_0 \right). \quad (8)$$

Полученное значение  $D_0$  при заданном времени пребывания  $\tau_n = \tau_{ч.т}$  должно соответствовать следующему условию:

$$D_0 \geq \sqrt{\frac{m_\phi \tau_n}{0,525 \rho_{г0} \left( H_a + \frac{b_0}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_\phi}{2}} \right)}} - 2 \left( H_a + \frac{b_0}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_\phi}{2}} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha_\phi}{2}. \quad (9)$$

5) Если в результате расчета по п. 2 установлено, что  $x_t < H_a$ , то расчеты по п. 4 выполняют при значении полного времени пребывания в камере  $\tau_n$ , найденном для базового режима:

$$\tau_n = \tau_{ч.т} + \frac{H_a - x_t}{\bar{w}_r}, \quad (10)$$

где  $\bar{w}_r = \frac{4\bar{m}}{\bar{\rho}_r \pi D_a^2}$  – средняя по сечению камеры скорость газа;

$\bar{m}$  – среднеарифметический расход воздуха от значений на краях участка второй скорости сушки, определяемых при  $x_r$  и  $x_r = H_a$ ,

$$m_{\phi,т} = \frac{0,33 w_0 \rho_{г,т} \left[ D_0 + 2 \left( x_r + \frac{b_0}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_\phi}{2}} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha_\phi}{2} \right]^2}{\sqrt{\frac{a_c}{b_0} \left( x_r + \frac{b_0}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_\phi}{2}} \right)}} \sqrt{\frac{\rho_{г0}}{\rho_{гт}}}. \quad (11)$$

Здесь  $m_{\phi,т}$  – текущий расход факела.

Для камер установки РСУ-1000 определены новые размеры щели воздухораспределительного аппарата:  $D_b = 0,91$  м,  $D_n = 1,23$  м. Соответствующее им значение предельного расхода воздуха  $m_0 = 86\,525$  кг/ч при сохранении расчетного времени пребывания для базового режима  $\tau_n = 2,5$  с. Время пребывания было определено по разработанной методике [2]. При этом производительность по испаренной влаге только за счет увеличения расхода сушильного воздуха в соответствии с тепловым балансом увеличивается от 1030 до 2580 кг/ч.

Таким образом, несмотря на увеличение расхода сушильного воздуха в 2,5 раза, при изменении размеров воздухораспределительного аппарата соблюдается основное условие, определяющее полноту сушки, – сохраняется достаточной продолжительность пребывания частиц в факеле. Расчеты показали, что в зоне активного испарения в непосредственной близости от распыливающего диска при диспергировании жидкости процессы теплообмена протекают очень интенсивно [3]. Кроме того, межфазный теплообмен интенсифицируется также за счет более высокой относительной скорости капель в потоке теплоносителя из-за возросшей почти в 2 раза (до 55 м/с) начальной скорости истечения газа через щель распределительного устройства и на значительно большей длине участка ускорения капель (см. рисунок).

Выполненный в данной работе анализ всех факторов интенсификации теплообмена показал, что при переходе на двухстадийную сушку с повышением начальной температуры сушильного воздуха и его расхода до предельно высоких значений при тех же размерах камеры может быть многократно увеличена производительность установки (в 5–7 раз) по сравнению с базовым вариантом. При этом возникает технически достаточно сложная проблема – создать компактный центробежный распылитель с очень боль-

шой производительностью по исходной жидкости до 20 000 ... 35 000 кг/ч и обеспечить ее равномерное распределение в сушильном газе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамович, Г.Н.* Теория турбулентных струй [Текст] / Г.Н. Абрамович [и др.]. – М.: Наука, 1984. – 716 с.
2. *Гамрекели, М.Н.* Исследование причин циркуляции, расчет времени пребывания частиц и траекторий течений в камерах распылительной сушки [Текст] / М.Н. Гамрекели // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: докл. на Всероссийской науч.-практ. конф., 9-11 апр. 2001 г. – Красноярск: СибГТУ, 2001. – Т. 1. – С. 240–244.
3. *Гамрекели, М.Н.* Факторы ограничения и интенсификации тепломассообмена в зоне активного испарения распылительных сушильных камер [Текст] / М.Н. Гамрекели // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) СЭТТ: Первая междунар. науч.-практ. конф. – М., 2002. – Т. 4. – С. 172–176.
4. *Ильяшенко, С.М.* Теория и расчет прямоточных камер сгорания [Текст] / С.М. Ильяшенко, А.В. Талантов. – М.: Машиностроение, 1964. – 306 с.
5. *Липатов, Н.Н.* Сухое молоко [Текст] / Н.Н. Липатов, В.Д. Харитонов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 263 с.
6. *Парашук, С.В.* Технология молока и молочных продуктов [Текст] / С.В. Парашук [и др.]. – М.: Пищепромиздат, 1949. – 630 с.

*M.N. Gamrekely*

#### **Productivity Limiting Values of Spray Drying Units**

Methods of selecting values for drying air initial temperature and its discharge are offered ensuring maximal productivity of spray drying units and minimal power inputs.

---



## ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630\*902

**ФАКИЛЬ ВАЛИУЛЛОВИЧ АГЛИУЛЛИН**  
**(к 70-летию со дня рождения)**

2 января 2006 г. исполнилось бы 70 лет со дня рождения Факиля Валиулловича Аглиуллина – доктора сельскохозяйственных наук, профессора, действительного члена МАНЭБ и РАЕН, заслуженного лесоведа Российской Федерации.

Ф.В. Аглиуллин родился в 1936 г. в дер. Туба Шереметьевского района Татарии. После окончания семилетней школы он поступил в Лубянский лесной техникум и остался верен выбранной профессии до конца своих дней. Молодой выпускник техникума начал работать инспектором охраны и защиты леса в Березняковском лесхозе Пермской области. С 1955 г. по 1959 г. проходил службу в Военно-морском флоте СССР. После демобилизации поступил в Ленинградскую лесотехническую академию, по окончании которой работал лесничим Зеленодольского опытно-показательного лесхоза, старшим научным сотрудником и заместителем директора по науке Татарской лесной опытной станции ВНИИЛМ.

В 1985 г. Факиль Валиуллович был избран по конкурсу заведующим кафедрой лесоводства Марийского политехнического института. На всех этапах научно-педагогической деятельности его отличал творческий подход к делу, стремление ко всему новому и передовому, доброжелательность в сочетании с высочайшей требовательностью к себе и подчиненным. Свой богатый опыт он щедро передавал студентам и аспирантам. Осознавая отрицательные лесоводственно-экологические последствия сплошнолесосечных рубок, Ф.В. Аглиуллин много внимания уделял постепенным рубкам, изучая их лесоводственную эффективность, совершенствуя технологию проведения и оптимизируя организационно-технические параметры. Рекомендации по применению постепенных рубок, разработанные Факилем Валиулловичем для насаждений разных формаций, широко применяются в европейской части Российской Федерации, а заложенные опытно-производственные объекты используются для обучения студентов и инженерно-технического персонала лесхозов.

Особого внимания заслуживают результаты исследований Ф.В. Аглиуллина по формированию, строению, ходу роста и товарной структуре хвойных древостоев, пройденных постепенными рубками, в частности таблицы хода роста и сортиментно-сортные таблицы модальных сосновых и еловых древостоев Республики Татарстан.

Факиль Валиуллович много усилий приложил к подготовке учебных пособий и методических указаний для студентов лесохозяйственных факультетов. Учебное пособие «Мониторинг лесных экосистем» (1997) рекомендовано Министерством общего и профессионального образования РФ для межвузовского использования. Перу Факиля Валиулловича принадлежит более 115 научных работ, в том числе монографии, учебные пособия, практические рекомендации.

Ф.В. Аглиуллин по праву может считаться создателем научной школы лесоводов Поволжья. При его руководстве и научном консультировании защищена докторская и целый ряд кандидатских диссертаций.

Наряду с научной и педагогической работой, Факиль Валиуллович много внимания уделял общественной деятельности. Долгие годы он работал в проблемном совете по рубкам и возобновлению леса Государственного комитета СССР по лесному хозяйству, секции лесоводства научного совета АН СССР; являлся членом секции лесоводства РАСХН, заместителем председателя диссертационного совета по защите докторских диссертаций, членом экологического и экспертного совета Министерства экологии и природопользования Республики Марий Эл, президиума республиканского правления НТО, ученого совета МарПИ, ученого совета лесохозяйственного факультета и научно-технических советов МарПИ и Татарской ЛОС ВНИИЛМ, членом редколлегии межвузовского сборника научных трудов «Лесо-

---

водство, лесные культуры и почвоведение», неоднократно избирался народным депутатом Йошкар-Олинского горсовета.

За заслуги в подготовке высококвалифицированных специалистов лесного хозяйства и большой вклад в развитие научных исследований Ф.В. Аглиуллин награжден медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина», «Ветеран труда», медалью им. М.В. Ломоносова; нагрудным знаком «За сбережение и преумножение лесных богатств РСФСР». Ему присвоены высокие звания «Заслуженный деятель науки Марийской АССР» и «Заслуженный лесовод Российской Федерации».

Ф.В. Аглиуллин скоропостижно скончался при проведении экспериментальных исследований в лесу от обширного инфаркта миокарда 10 августа 2001 г. Он был полон творческих сил и новых научных идей, реализацию которых он как эстафету передал своим многочисленным ученикам и коллегам. Светлое имя Факиля Валиулловича навсегда останется в памяти всех, кто знал его как ученого и человека, готового помочь в трудную минуту, поделиться своими идеями и мыслями.

**С.В. Залесов**

*S. V. Zalesov*

**Fakil Valiulloovich Agliullin (to 70<sup>th</sup> Birthday)**

---

---

## ЮБИЛЕЙНЫЕ ТОРЖЕСТВА

В сентябре 2005 г. были проведены мероприятия, посвященные 175-летию лесоустройства на Урале и 160-летию со дня рождения выдающегося уральского лесовода Федора Александровича Теплоухова.

Начало устройства лесов на Урале связано с изданием в 1830 г. первой в России лесоустроительной инструкции Е.Ф. Канкрин, предназначенной для организации регулируемого лесного хозяйства в горно-заводских лесах Урала. По этой инструкции в 1830–1850-х гг. устроено 8,5 млн га казенных и посессионных (арендованных у государства частными заводами) лесов.

В 1840–1850-х гг. были устроены леса Пермского майоратного имения Строгановых на площади 0,5 млн га по инструкции 1848 г., разработанной выдающимся лесоводом, главным лесничим имения Александром Ефимовичем Теплоуховым; на основе данных лесоустройства им организовано лесное хозяйство, лучшее в России середины XIX в.

Устройство лесов, подведомственных Лесному департаменту, началось на Урале в первой половине 1850-х гг.; проводилось оно по изданной в 1845 г. инструкции Ф. К. Арнольда. Своеобразие всех трех применявшихся на Урале методических подходов лесоустройства сохранилось в основных чертах до национализации лесов в 1918 г.

В послереволюционный период вплоть до передачи в 1947 г. всех лесов в ведение вновь созданного Министерства лесного хозяйства РСФСР на Урале наблюдалось широкое разнообразие методик лесоустройства, обусловленное ведомственностью в управлении лесами. Каждое ведомство исходило из своих интересов, которые проявились особенно ярко при устройстве лесов, приписанных к металлургическим трестам и комбинатам, а также лесов лесопромышленной зоны, находившихся в полном распоряжении лесозаготовительных органов. Положительной оценки заслуживают усилия по устройству лесов водоохраной зоны бассейна р. Камы, предпринятые еще после организации в 1936 г. системы Главлесоохраны.

Юбилейные мероприятия были организованы в трех уральских регионах: Пермской, Свердловской и Челябинской областях. В организации торжеств активное участие приняли руководители агентств лесного хозяйства этих областей: В.В. Балков, З.Б. Камалетдинов, В.Ф. Шлегель, директора лесхозов В.В. Голев, А.В. Лысых, А.А. Терин, М.Н. Рычагов.

В с. Ильинском Пермской области, бывшей «столице» Пермского майоратного имения Строгановых, состоялась научно-практическая конференция, посвященная 160-летию со дня рождения главного лесничего имения Ф.А. Теплоухова (1845–1905). В ней приняли участие ученые Уральского государственного лесотехнического университета (Н. Н. Чернов, А. Ф. Кузнецов, Т. Б. Сродных и др.), Пермской сельскохозяйственной академии (К. И. Малеев), других учебных и научных организаций Урала, работники лесного хозяйства, историки, краеведы Пермской области. Участники конференции и областного слета школьных лесничеств открыли стелу памяти Александра Ефимовича и Федора Александровича Теплоуховых в дендропарке Кузьминки, созданном в середине XIX в. под руководством А. Е. Теплоухова. Участники заложили кедровую рощу вблизи места расположения бывшей резиденции А. Е. Теплоухова и места его захоронения в Кузьминках.

В Чебаркульском опытном лесхозе Челябинской области, передовом на Урале, в течение четырех дней работала организованная П. Г. Мельником V Международная конференция молодых ученых лесоводов из России, Белоруссии, Украины, Польши и Венгрии. Работу научных секций возглавили проф. Н. А. Луганский и гость из Польши проф. А. Корчык.

Участники конференции осмотрели многочисленные объекты постоянной лесосеменной базы, созданной на селекционной основе и сосредоточенной в Чебаркульском лесхозе Челябинской области. Экскурсии проводил заведующий отделом лесной генетики НИИЛГИСа (г. Воронеж), д-р биологических наук Ю. Н. Исаков, под научным руководством которого создавались эти объекты, и сотрудники опытного отдела лесхоза С. В. Митрофанов и В. Л. Кузнецов. Большой интерес участников вызвали лесные культуры, созданные с использованием потомства плюсовых деревьев, выращенного из семян, собранных с клоновой и семенной плантаций, а также географические и испытательные культуры хвойных пород. В дискуссии на этих объектах активное участие принимал А. Корчык – крупный специалист в области лесной селекции.

В УГЛТУ (г. Екатеринбург) прошла научная конференция, посвященная юбилейным датам. С основными докладами выступили профессора Н.Н. Чернов и Е.П. Смолоногов, на протяжении многих десятилетий обеспечивавший научное руководство лесоустройством на Урале.

Участники научной конференции УГЛТУ и V Международной конференции молодых ученых лесоводов открыли мемориальный комплекс основателя уральского и российского лесоводства, главного лесничего Уральских горных заводов генерал-майора И. И. Шульца (1777–1862). Мемориал расположен в центре бывшей Каменской казенной горнозаводской лесной дачи, с которой связаны многочисленные нововведения И.И. Шульца в лесном хозяйстве и с которой началось устройство лесов на Урале по инструкции Е.Ф. Канкрин.

Проведенные мероприятия свидетельствуют о понимании и высокой оценке уральскими лесоводами творческого вклада своих предшественников в развитие лесного хозяйства Урала и России.

**Н.Н. Чернов,  
А.Ф. Кузнецов, К.И. Малеев**



## ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

**Николай Алексеевич Луганский**

10 марта 2006 г. исполнилось 75 лет со дня рождения профессора кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета, доктора сельскохозяйственных наук, академика РАЕН, заслуженного деятеля науки РФ Николая Алексеевича Луганского.

Н.А. Луганский родился в с. Алексеевском Кокчетавской области. После окончания школы в 1947 г. поступил в Боровской сельскохозяйственный техникум, на лесное отделение, которое окончил в 1950 г. Свой трудовой путь он начал инспектором по охране леса в Тургусунском лесхозе. В 1951 г. Николай Алексеевич поступил в Уральский лесотехнический институт, обучение совмещал с активной общественной работой в качестве председателя студенческого профкома. Окончив в 1956 г. институт с отличием, продолжил трудовую деятельность в должности директора Уральского учебно-опытного лесхоза, затем директора лесотехнического техникума. С 1957 г. по 1960 г. учился в аспирантуре Уральского филиала АН СССР у проф. Н.А. Коновалова, в 1961 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук на тему «Внутривидовая изменчивость кедра сибирского на Урале и использование ее в лесохозяйственной практике».

В 1960–1966 гг. Н.А. Луганский работал в Уральском НИИ Академии коммунального хозяйства сначала руководителем научно-исследовательской опытно-показательной станции по озеленению городов, затем заместителем директора института по научной работе.

В 1966 г. Н.А. Луганский перешел на работу в Уральскую лесную опытную станцию ВНИИЛМ (г. Свердловск), где работал директором до 1981 г. В 1974 г. им подготовлена и успешно защищена докторская диссертация на тему «Оптимизация лесовосстановления и рубок ухода в сосновых лесах Урала».

С 1981 г. жизнь Николая Алексеевича связана с Уральским лесотехническим институтом (ныне Уральским государственным лесотехническим университетом), где он возглавил кафедру лесоводства. В августе 1982 г. он стал ректором института и в этой должности работал до 1991 г. Позднее избран профессором кафедры лесоводства, где трудится и в настоящее время.

На всех занимаемых постах Н.А. Луганский работал творчески, инициативно, сумел создать, сплотить и нацелить коллектив на выполнение поставленных задач. За время работы ректором он внес значительный вклад в развитие материально-технической базы института. За этот период проведен капитальный ремонт Дворца спорта, построены Дворец культуры и спорта, стадион с искусственным покрытием, гараж, новый профилакторий и т. д.

Н.А. Луганский активно ведет научную, учебную и общественную работу. По результатам исследования проблем лесоведения и лесоводства им лично и в соавторстве с учениками, коллегами опубликовано более 200 научных работ, в



том числе 17 книг. Основное научное направление ученого – повышение продуктивности лесов лесоводственными способами.

По его инициативе начал издаваться в Уральской лесной опытной станции ВНИИЛМ, а затем возрожден в Уральском лесотехническом институте научный сборник «Леса Урала и хозяйство в них». В 2005 г. вышел очередной 26-й номер издания, Н.А. Луганский является его ответственным редактором.

Большое внимание Николай Алексеевич уделяет подготовке научных кадров через аспирантуру и докторантуру. Под его руководством выполнили диссертационные работы и защитили кандидатские диссертации 40 аспирантов и соискателей. Пять человек при научном консультировании ученого защитили докторские диссертации.

Н.А. Луганский многие годы возглавляет признанную в нашей стране и за рубежом ведущую научно-педагогическую школу кафедры лесоводства «Повышение продуктивности и устойчивости лесов лесоводственными методами».

Многие годы он состоял членом ученого совета по защите кандидатских и докторских диссертаций при Институте экологии растений и животных УрО РАН, с 1981 г. бессменный председатель диссертационного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций при Уральском государственном лесотехническом университете.

В 1982 г. Н.А. Луганскому присвоено ученое звание профессора по кафедре лесоводства, в 1990 г. – почетное звание «Заслуженный деятель науки РСФСР», в 1995 г. он избран действительным членом РАЕН.

За длительную трудовую деятельность и значительный вклад в развитие лесной науки и высшего образования Н.А. Луганский награжден медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина» (1970 г.), «Ветеран труда» (1988 г.), орденом «Дружбы» (1996 г.).

В год своего 75-летия Николай Алексеевич, как всегда, находится в гуще событий, полон интересных замыслов. От имени ректората Уральского государственного лесотехнического университета, многочисленных учеников и товарищей по работе хочется сердечно поздравить юбиляра и пожелать ему крепкого здоровья, семейного благополучия и реализации творческих планов.

**В.Н. Старжинский, В.В. Глухих, С.В. Залесов, В.А. Азаренок, В.А. Игнатьев,  
А.Д. Лебедев, Ю.А. Серов**

*V.N. Starzhinsky, V.V. Glukhikh, S.V. Zalesov, V.A. Azarenok,  
V.A. Ignatjev, A.D. Lebedev, Yu.A. Serov*  
**Nikolay Alekseevich Lugansky**