

## СОДЕРЖАНИЕ

*ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО*

<i>Н.П. Чупров, С.В. Торхов.</i> К методике определения размера главного пользования лесом .....	7
<i>Е.Н. Наквасина.</i> Испытание межгеографических полусибирских гибридов сосны обыкновенной в средней подзоне тайги .....	15
<i>В.В. Прокопцов, Г.С. Андрюшин.</i> Влияние давности рубок ухода в сосняках на состав живого напочвенного покрова .....	21
<i>И.В. Турлай, Г.А. Чернушевич, В.В. Перетрухин, В.В. Терешко.</i> Радиоактивное загрязнение древесины Чернобыльской зоны.....	25
<i>А.Н. Белов.</i> Факторный анализ экспертных оценок степени повреждения листвы насекомыми .....	29

*ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ*

<i>А.А. Митрофанов.</i> К определению несущей способности винтовых якорей... 34	34
<i>Г.А. Борисов, В.Н. Земляченко, Г.И. Сидоренко.</i> Оптимальное трассирование лесовозных дорог .....	40
<i>В.С. Морозов.</i> Расчет на прочность оснований зимних лесовозных дорог из мерзлого торфа .....	45

*МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ*

<i>Р.Н. Галиахметов, Ю.А. Варфоломеев.</i> Создание антисептиков для древесины с учетом механизма их действия на биологические объекты .....	54
<i>В.И. Мелехов, Л.Г. Шаповалова.</i> Особенности применения бревен с наклоном волокон в деревянных постройках Русского Севера.....	60
<i>А.Е. Алексеев, А.Г. Хабаров, Л.В. Алексеева.</i> К вопросу автоматизированного раскроя брусьев на круглопильных станках .....	67
<i>А.Д. Голяков.</i> К вопросу автоматизации операций обрезки и торцовки тонких досок.....	70

*ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ*

<i>В.А. Рогов, Р.А. Степень, Т.А. Саулова.</i> Возможности использования хвойных эфирных масел для оздоровления воздушной среды помещений.....	76
<i>С.С. Пузырев, М.К. Федоров, З.В. Клименко.</i> Физико-химические и электроповерхностные свойства ТММ .....	81
<i>В.В. Залаяжных.</i> Влияние анионитной обработки сульфитного щелока на загрязненность бражного дистиллята .....	90
<i>Е.В. Школьников, Г.Ф. Ананьева.</i> Кинетика выделения водорастворимых веществ из коры ели и сосны при водно-щелочной обработке.....	94
<i>О.Ф. Горбунова, С.А. Вербицкая.</i> О взаимосвязи молекулярной массы сульфатного лигнина и приведенного тока при полярографировании.....	100

*ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА*

<i>П.С. Гейзлер, Н.Г. Синяк.</i> Оптимизация производственной программы мебельного предприятия.....	105
<i>В.С. Петровский, А.В. Парфенов.</i> Ценообразование и финансовое обеспечение производства мебельных наборов.....	109
<i>М.И. Лисица.</i> Инвестиционный процесс в целлюлозно-бумажной промышленности России .....	114
<i>Н.М. Большаков.</i> Методологические основы формирования рентных платежей в лесопользовании.....	127
<i>Г.П. Бутко.</i> Состояние и финансирование инновационной сферы предприятий лесного комплекса.....	132

*ИСТОРИЯ НАУКИ*

<i>С.А. Генсирук.</i> Корифей лесоводства П.С. Погребняк (к 100-летию со дня рождения) .....	138
<i>Г.С. Ощепков, Ю.А. Ширнин, П.М. Мазуркин.</i> 100-летие со дня рождения Василия Евдокимовича Печенкина .....	140

*ЮБИЛЕИ*

<i>Н.П. Львов, А.В. Пластинин.</i> 65 лет Соломбальскому целлюлозно-бумажному комбинату .....	143
---	-----

---

## CONTENTS

*FORESTRY*

<i>N.P. Chuprov, S.V. Torkhov.</i> On the Technique of Determining the Final Cutting Size.....	7
<i>E.N. Nakvasina.</i> Testing the Intergeographical Semisybs Pine Hybrid of Scots Pine in the Middle Subzone of Taiga.....	15
<i>V.V. Prokoptsov, G.S. Andryushin.</i> Influence of Cleaning Cutting Time in the Pine Stands on the Field Layer Composition.....	21
<i>I.V. Turlay, G.A. Chernushevich, V.V. Peretrukhin, V.V. Terechko.</i> Radioactive Contamination of Wood in the Chernobyl Zone.....	25
<i>A.N. Belov.</i> Factor Analysis of Expert Evaluation of the Damage Degree of Foliage by Insects.....	29

*WOODEXPLOITATION*

<i>A.A. Mitrofanov.</i> On Determining the Bearing Capacity of Screw Anchor.....	34
<i>G.A. Borisov, V.N. Zemlyachenko, G.I. Sidorenko.</i> Optimum Designing of the Forest Track.....	40
<i>V.S. Morozov.</i> Calculation of Foundation Strength of Winter Wood Tracks Constructed of Frozen Peat.....	45

*MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE*

<i>R. N. Galiakhmetov, Yu.A. Varfolomeev.</i> Generation of Wood Treatment Antiseptics Based on their Effect on Biological Objects.....	54
<i>V.I. Melekhov, L.G. Shapovalova.</i> Peculiarities of Using Fiber Slope Logs in the Wooden Constructions of the Russian North.....	60
<i>A.E. Alekseev, A.G. Khabarov, L.V. Alekseeva.</i> To the question of the Automated Cut of Beams on the Circular Saw Machines.....	67
<i>A.D. Golyakov.</i> On Automation of Board Edging and Trimming.....	70

*CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD*

<i>V.A. Rogov, R.A. Stepen, T.A. Saulova.</i> Possibility of Using Coniferous Volatile Oil for Room Air Sanitation.....	76
<i>S.S. Puzyrev, M.K. Fedorov, Z.V. Klimenko.</i> Physiochemical and Electrosurface Properties of TMM.....	81
<i>V.V. Zalyazhnykh.</i> Influence of Anion Treatment of the Sulfite Liquor on the Wash Distillate Pollution.....	90
<i>E.V. Shkolnikov, G.F. Ananjeva.</i> Kinetics of Water-soluble Agents Extraction from Spruce and Pine Bark under Water-alkaline Treatment.....	94
<i>O.F. Gorbunova, S.A. Verbitskaya.</i> On Interrelation of Molecular Mass of Sulfite Lignin and Current Applied at Polarography.....	100

*ECONOMICS AND MANAGEMENT*

<i>P.S. Geizler, N. G. Sinyak.</i> Optimization of the Industrial Programme for the Furniture Mill.....	105
<i>V.S. Petrovsky, A.V. Parfenov.</i> Price Formation and Financial Provision for the Furniture Sets Production.....	109
<i>M.I. Lisitsa.</i> Investment Process in the Pulp-and-paper Industry of Russia.....	114
<i>N.M. Bolshakov.</i> Methodological Basis for Formulating Rental Payments in Forest Management.....	127
<i>G.P. Butko.</i> Situation and Funding of the Innovation Sphere of Wood-industrial Enterprises.....	132

*HISTORY OF SCIENCE*

<i>S.A. Gensiruk.</i> Coryphaeus of Forestry P.S.Pogrebnyak (to the 100 <sup>th</sup> Birthday)....	138
<i>G.S. Oshchepkov, Yu.A. Shirnin, P.M. Mazurkin.</i> To the 100 <sup>th</sup> Birthday of Vasily E. Pechenkin.....	140

*JUBILEES*

<i>N.P. Lvov, A.V. Plastinin.</i> 65 years to Solombala Pulp-and-Paper Mill.....	143
--	-----

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

# *Лесной журнал*

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

2

2001

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – акад. **О.М. Соколов**  
Заместители главного редактора:  
акад. **Е.С. Романов**, чл.-кор. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

Ответственный секретарь **Р.В. Белякова**

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

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

---

Сдан в набор 27.02.2001. Подписан в печать 19.04.2001.  
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,6. Усл. кр.-отт. 13,6.  
Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 1000 экз.  
Архангельский государственный технический университет

---

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел.: (818-2) 44 13 37,  
факс: (818-2) 44 11 46, e-mail: public@agtu.ru http:// www.agtu.ru

---

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*612

***Н. П. Чупров, С. В. Торхов***

Чупров Николай Прокопьевич родился в 1931 г., окончил в 1954 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией экономики и организации лесного хозяйства СевНИИЛХа, член-корреспондент РАЕН, заслуженный лесовод России. Имеет более 160 печатных работ в области экономики лесного хозяйства и лесной промышленности, лесопользования и лесной таксации.



Торхов Сергей Васильевич родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, главный инженер Архангельской лесоустroительной экспедиции. Имеет 2 печатные работы в области лесоустroительного проектирования, оценки лесов и организации лесного хозяйства.



### **К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОМ**

Рассмотрена динамика расчетных лесосек по областям Европейского Севера. Отмечены причины значительного уменьшения расчетных лесосек. Проанализированы недостатки типовой программы расчета размера главного пользования лесом на ЭВМ, используемой в настоящее время в лесоустroительстве, даны предложения по улучшению методики и программы. Предложено использование расчетной лесосеки неумещающегося пользования лесом, в наибольшей мере соответствующей принципу неистощительного лесопользования.

главное пользование, расчетная лесосека, оптимальный размер, лесосека неумещающегося пользования.

Обоснованное установление размера главного пользования лесом всегда было важной проблемой для лесного комплекса. От принципов решения этой проблемы в значительной мере зависит перспектива лесопромышленного производства. Еще до революции виднейшие ученые-лесоустroители (М. М. Орлов и др.) предложили, как необходимое условие нормального функционирования лесного комплекса России, принцип постоянного неистощительного пользования лесом. В дальнейшем это учение получило развитие в трудах виднейших наших ученых Н.П. Анучина, Н.А. Моисеева и др. К сожалению, при административно-командной системе в экономике этот принцип не был применен. Расчетные лесосеки устанавли-

вались тогда, как правило, выше размера неистощительного пользования да еще и перерубались. В результате к настоящему времени на Европейском Севере оказались крайне истощенными леса Мурманской области, хвойные леса Вологодской области, леса южной и средней частей Архангельской области и многих лесхозов Республики Коми. К началу перестройки в этих регионах леспромхозы с трудом набирали лесосечный фонд.

В связи с постепенным исчерпанием лесосырьевых ресурсов плановые органы периодически меняли утвержденную расчетную лесосеку (табл. 1). Так, в Архангельской области в период с 1950 г. по 1994 г. расчетная лесосека была снижена с 72,7 до 21,3; в Вологодской в течение 1949–1991 гг. – с 16,6 до 14,2; в Мурманской в 1961–1991 гг. – с 2,58 до 0,87; в Республике Коми в период с 1967 г. по 1988 г. – с 37,2 до 29,7 млн м<sup>3</sup>. Эти данные говорят о том, что лесосеки устанавливались в основном исходя из потребности в древесине, а не из принципа неистощительного пользования лесом. Практика показала, что несоблюдение на Севере принципа неистощительного пользования лесом ведет к отрицательным последствиям для всего лесного комплекса.

Таблица 1

**Динамика размера  
утвержденных расчетных лесосек  
главного пользования на Европейском Севере**

Область, республика	Годы	Размер утвержденных расчетных лесосек (I, II, III группы), млн м <sup>3</sup>
Архангельская	1950	72,4
	1964–1980	24,4
	1981–1990	28,8
	1991–1993	23,9
	1994–1997	21,3
Вологодская	1949–1954	16,6
	1955–1958	15,3
	1959–1965	14,9
	1966–1982	15,4
	1983–1987	15,5
Мурманская	1988–1990	15,7
	1991–1997	14,2
	1961	2,58
	1962–1967	1,63
	1968–1972	1,71
Коми	1973–1977	1,60
	1978–1980	1,65
	1981–1987	1,52
	1988–1990	1,26
	1991–1997	0,87
Коми	1965–1967	37,2
	1968–1980	35,2
	1981–1987	34,6
	1988–1997	29,7

В последние десятилетия принцип неистощительности лесопользования обсуждался довольно широко и его обязательность была провозглашена официально. Однако до сих пор сами термины «неистощительность», «постоянство» лесопользования понимаются достаточно произвольно, по-разному. Некоторые считают неистощительным лесопользование, не прекращающееся во времени, хотя и убывающее. За неистощительное иногда принимают и такое лесопользование, при котором его размер может значительно меняться по периодам, неменяющийся объем пользования в целом по области, республике при уменьшении или полном прекращении главного пользования по ряду отдельных лесхозов или поддерживаемое за счет вторичных лиственных лесов, возникающих в результате смены пород и т. п.

Строго следуя смыслу неистощительного лесопользования, авторы данной статьи понимают под ним не уменьшающееся во времени лесопользование по лесхозу, региону, области, но такое, при котором не происходит значительного накапливания спелых лесов. На определенной стадии оно может быть увеличено за счет мероприятий по повышению продуктивности лесов или расширения площади поспевающих лесов. Естественно, применяемые расчетные формулы и приемы определения размера лесопользования на принципе неистощительности должны обеспечивать это условие.

В настоящее время для определения расчетной лесосеки лесоустройством используется специально разработанное на основе действующей методики программное обеспечение «Определение оптимального размера главного пользования лесом». По алгоритму этого программного комплекса для сплошных рубок рассчитывается восемь-девять лесосек (первая, вторая, третья, четвертая возрастные, по спелости, интегральная, Самгина, равномерная и др.), из которых и определяется оптимальная. Однако алгоритм построен таким образом, что выбор лежит в основном между четырьмя лесосеками: первой и второй возрастными, интегральной и равномерной. При этом в многолесных регионах предпочтение отдается возрастным лесосекам, а лесосека равномерного пользования принимается только в том случае, если ее величина не отличается от лесосеки по спелости более чем на 5 %. Расчеты по данной программе для ряда вариантов лесосек и на перспективу 100 лет создают впечатление обоснованности, однако, по нашему мнению, эта программа имеет ряд недостатков и требует совершенствования по следующим позициям.

1. Согласно программе оптимальная лесосека выбирается с использованием так называемого критерия оптимальности – коэффициента  $K$ , математическая сущность которого выражается формулой

$$K = L : 0,33 G \text{ или } K = 300 : C,$$

где  $L$  – среднее значение лесосеки за 100-летний период;

$G$  – среднеквадратичное отклонение;

$C$  – коэффициент изменчивости.

Несмотря на учет фактора изменчивости, варьирование расчетной лесосеки, принятой за оптимальную, достигает весьма значительных величин. Так, по ельникам Лешуконского лесхоза Архангельской области, ко-

ээффициент изменчивости оптимальной – второй возрастной – лесосеки составил 46 %.

2. Алгоритм определения оптимальной расчетной лесосеки по сплошным рубкам в лесах I, II, III групп практически одинаков. Исключение составляет только исчисление лесосеки равномерного пользования, при котором в лесах I группы возраст рубки определяется по конечному значению, II – по среднему, III – по начальному. Поэтому при устройстве лесов I и II групп проектант, соблюдая Лесной кодекс, вынужден ограничить режим лесопользования, возвращаясь от автоматизированного исчисления расчетной лесосеки к ручному.

3. Во всех случаях лесосеки рассчитывают на 100 лет для хвойных и лиственных насаждений, всех бонитетов и возрастов рубки, хотя возрасты и обороты рубки сильно отличаются. Расчеты следует делать на весь оборот рубки дифференцированно, с учетом периода естественного лесовозобновления, который в условиях севера значителен.

4. Лесосека равномерного пользования (по обороту рубки) по программе рассчитывается во всех случаях. Но практически она не принимается в качестве оптимальной, если имеются высокий процент спелых лесов или равномерное распределение площадей лесов по классам возраста. За оптимальные принимают другие лесосеки, средняя величина которых может быть практически одинакова с лесосекой равномерного пользования, хотя по 10-летиям они существенно колеблются, то уменьшаясь, то увеличиваясь, и в итоге не обеспечивают стабильного равномерного лесопользования и создания в следующем обороте рубки строго равномерного распределения насаждений по классам возраста (табл. 2).

Таблица 2

**Распределение площади лесов III группы промышленного значения по классам возраста**

Хозсекция (порода, класс бонитета)	Возраст рубки, лет	Площадь, тыс. га, по классам возраста*							Итого покры- тая лесом
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
Лешуконский лесхоз									
С, II–IV	101	2,7	1,9	4,9	1,3	4,4	18,1	–	33,3
С, V–Vб	121	10,6	17,4	21,1	31,1	36,6	89,7	212,0	418,5
Е, III–Vб	121	4,9	9,7	32,2	84,9	176,1	218,0	444,0	969,8
Б, II–Vб	61	17,6	9,7	8,1	3,8	6,7	6,2	15,1	67,2
Ос, II–V	51	0,6	0,4	0,3	0,1	0,1	–	–	1,5
Вельский лесхоз									
С, I–III	81	1,2	3,1	4,5	4,8	29,1	–	–	42,7
С, IV–Vб	101	4,8	7,0	8,2	6,2	8,3	19,8	–	54,3
Е, I–III	81	1,1	5,5	2,1	1,2	9,9	–	–	19,8
Е, IV–Vб	101	8,7	16,4	19,7	8,3	15,5	30,9	–	99,5
Б, I–Vб	61	39,3	42,3	45,3	13,3	7,1	12,1	–	159,4
Ос, I–Vб	41	3,6	6,4	6,4	1,9	3,6	–	–	21,9

\* В последние классы возраста включены площади насаждений спелых и старше спелых.

5. В итоге расчетов по программе размер лесосеки равномерного пользования на 100 лет показывается одинаковым по всем десятилетиям и в тех случаях, когда она не проходит в связи с малой фактической представленностью спелых лесов или их отсутствием и неравномерным распределением по классам возраста. Это искажает действительное положение.

6. Существенным недостатком в действующих методиках расчетов лесопользования, в том числе и в рассматриваемой программе, является отсутствие учета фактора смены пород, которая в многолесных районах идет интенсивно. Так, по данным северного лесостроительства, на 95 % площади ельников и на 20 % сосняков Севера после рубок без сохранения хвойного подроста происходит эта смена. В результате площадь хвойного хозяйства постепенно уменьшается, а лиственного – увеличивается. В действующие методики следует внести поправки, в противном случае расчеты лесопользования на перспективу не соответствуют действительному положению. В прогнозных расчетах на перспективу могут быть использованы нормативы смены пород, дифференцированные по породам и типам леса, принятые по данным лесостроительства или научных исследований.

7. Как в методике расчета лесопользования, так и для программы расчета на ЭВМ целесообразно разработать и использовать уточненную методику определения расчетных лесосек по лиственным хозсекциям, которые территориально совмещались бы с лесосекой по хвойному хозяйству. Ввиду разных оборотов рубки в хвойных и лиственных лесах, при наличии относительно невысокой представленности площади лиственных, лесосека по ним территориально выходит за пределы размещения годичной лесосеки по хвойным и практически не может быть реализована полностью [1].

В целом стандартная программа расчетов на ЭВМ преследует цель форсированного использования имеющихся спелых лесов, что в условиях Севера еще до перестройки привело к прекращению существования многих лесозаготовительных предприятий из-за истощения сырьевых баз и возникновению трудно разрешимых социальных и экономических проблем.

Мы проанализировали результаты расчетов по данной программе для ряда лесхозов Архангельской области, имеющих разный по характеру лесной фонд, подтверждающие сделанные выше замечания. В качестве примера приведены исходные данные и результаты этих расчетов по породным и бонитетным хозсекциям, по двум лесхозам, Лешуконскому, еще слабо освоенному лесозаготовительно, и Вельскому, интенсивно осваиваемому (табл. 2, 3).

Из табл. 2 можно видеть, что в хвойных лесах Лешуконского лесхоза, доля которых высока (95 %), во всех хозсекциях большой процент (42 ... 54 %) составляют насаждения спелые и старше спелых. В лиственных же лесах, доля которых очень мала (5 %), процент спелых значительно ниже (7 ... 22 %). В Вельском лесхозе в хвойных насаждениях, доля которых в сравнении с Лешуконским лесхозом намного меньше (50 %), во всех хозсекциях также довольно высокий процент занимают площади насаждений спелых и старше спелых (31 ... 68 %). В лиственных лесах, доля

Таблица 3

## Расчетные лесосеки, определенные по стандартной программе на ЭВМ\*

Хозсекция (порода, класс бонитета)	Тип расчетной лесосеки	Расчетная лесосека, га, по 10-летиям										Средний размер лесосеки, га
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Лешуконский лесхоз												
С, II–IV	Равномерная	351	351	351	351	351	351	351	351	351	351	351
	4-я возрастная*	400	365	343	350	352	351	351	351	351	351	351
С, V–Va	Равномерная	1752	1752	1752	1752	1752	1752	1752	1752	1752	1752	1752
	2-я возрастная*	2952	2505	2125	1829	1601	1417	1309	1192	1044	1363	1734
Е, III–Vб	Равномерная	8015	8014	8014	8014	8014	8014	8014	8014	8014	8014	8014
	2-я возрастная*	15691	13096	10933	9133	7646	6647	5595	4700	3923	5884	8325
Б, II–Vб	Равномерная	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102
	2-я возрастная*	1268	906	764	753	1010	1096	1032	943	880	923	957
Вельский лесхоз												
С, I–III	Равномерная	527	527	527	527	527	527	527	527	527	527	527
	Интегральная*	336	391	421	442	431	418	392	385	376	380	397
С, IV–Vб	Равномерная	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538
	4-я возрастная*	577	572	529	535	539	538	538	538	538	538	544
Б, II–Vб	Равномерная	2727	2727	2727	2727	2727	2727	2727	2727	2727	2727	2727
	Интегральная*	1154	1486	1965	2461	2690	2657	2476	2257	2239	2314	2170

\* Во второй строке для каждой хозсекции приведена оптимальная расчетная лесосека. Результаты расчетов приведены с сокращением.

которых очень высока (47 %), насаждения спелые и старше спелых занимают небольшую площадь (8 %), а их распределение по классам возраста неравномерное.

В табл. 3 приведены результаты определения расчетных лесосек на основе исходных данных табл. 2. Рассмотрены только лесосеки равномерного пользования и принятые в качестве оптимальных. Эти данные подтверждают отмеченные выше недостатки программы.

Так, и в Лешуконском, и в Вельском лесхозе во всех хозсекциях хвойного хозяйства, в которых высок процент спелых лесов (31 ... 68), для всех десятилетий проходит лесосека равномерного пользования (по обороту рубки). Однако по методике и программе в качестве оптимальных принимаются почему-то вторая, четвертая возрастная и интегральная, которые в среднем за 100 лет близки к лесосеке по обороту рубки, но существенно колеблются по 10-летиям, то уменьшаясь, то увеличиваясь. Складывается впечатление, что авторы методики и программы сознательно отказывались от лесосеки по обороту рубки, которая в этих условиях действительно обеспечивает равномерное неистощительное пользование, без колебаний по периодам, а также действительное равномерное распределение насаждений по классам возраста на следующий оборот рубки.

Иначе обстоит дело в лиственных хозсекциях. Так, в березовых хозсекциях обоих лесхозов подавляющую площадь (77 ... 93 %) занимают неспелые насаждения, распределение их по классам возраста неравномерное. Здесь лесосека равномерного пользования не обеспечивается спелыми насаждениями. Поэтому в качестве оптимальных принимаются вторая возрастная и интегральная лесосеки. При этом лесосеки по 10-летиям крайне неравномерны. Лесосека равномерного пользования, хотя и не проходит, рассчитывается по программе, одинаковой для всех десятилетий, что не соответствует действительности. Смена пород в расчетах не учитывается.

В целях исключения расчетов лесосеки по многим вариантам, как предусмотрено методикой и стандартной программой, мы предлагаем, в порядке обсуждения, следующий простой методический подход, пригодный для любого характера распределения насаждений по классам возраста, обеспечивающий неуклонно уменьшающуюся расчетную лесосеку. Механизм расчетов показан на примере березовой хозсекции Лешуконского лесхоза (табл. 4). Возраст рубки принят равным 61 ... 70 годам.

Вначале для каждого десятилетия рассчитывается лесосека по спелости ( $L_{пл} = S/K$ , где  $S$  – площадь класса возраста,  $K$  – число лет в классе возраста). Затем сравниваются размеры этих лесосек, начиная с первого десятилетия. Лесосека каждого последующего класса должна быть равна или больше лесосеки предыдущего класса ( $L_{пл}^N > L_{пл}^{N-1}$ , где  $N$  – порядковый номер десятилетия). Если встречается десятилетие, в котором расчетная лесосека ниже предыдущей, то для дальнейшего сравнения используется усредненная лесосека и т. д. В итоге имеем лесосеку неуклонно уменьшающуюся или плавно увеличивающуюся пользования в отличие от скачкообразного

Таблица 4

**Определение расчетной лесосеки неукоряющегося пользования**

Показатели	Расчетная лесосека по 10-летиям и классам возраста							Среднегодовая расчетная лесосека за оборот рубки, тыс. га
	1 – ≥ VII	2 – VI	3 – V	4 – IV	5 – III	6 – II	7 – I	
Лесопокрытая площадь, тыс. га	15,1	6,2	6,7	3,8	8,1	9,7	17,6	–
Расчетная лесосека по спелости, тыс. га	1,51	0,62	0,67	0,38	0,81	0,97	1,76	–
Усредненная расчетная лесосека (выравненная), тыс. га	1,065	0,93			0,81	0,97	1,76	–
Оптимальная расчетная лесосека, тыс. га	0,79	0,79	0,79	0,79	0,81	0,97	1,76	0,96
Оптимальная расчетная лесосека (2-я возрастная) по стандартной программе, тыс. га	1,27	0,90	0,76	0,75	1,01	1,10	1,03	0,97

по стандартной программе. Здесь для определения оптимальной лесосеки не требуются специальные коэффициенты, а все расчеты унифицируются и упрощаются.

Порядок расчета лесосеки неукоряющегося пользования, в том числе в условиях смены пород, показан в «Методическом пособии для многовариантных прогнозных расчетов неистощительного пользования лесом» [2, 3].

При использовании предлагаемой методики может отсрачиваться на некоторое время рубка незначительной части поспевших насаждений. Однако этот резерв реализуется в ближайшие десятилетия, и заметной потери на приросте не происходит. Тем более, что большая часть вырубаемых в первую очередь в многолесных районах лесов фактически имеет возраст намного выше принятого возраста рубки. Преимуществом же расчетной лесосеки неукоряющегося пользования лесом является обеспечение действительно неистощительного пользования, что особенно важно для севера, где основой экономики является лесопромышленный комплекс, от состояния и стабильности которого зависит и состояние лесного хозяйства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чупров Н.П. Об использовании расчетной лесосеки в лиственном хозяйстве // Лесн. хоз-во. – 1999. – № 1. – С. 46-47.
2. Чупров Н.П., Антуфьева Е.Д. Методическое пособие для многовариантных прогнозных расчетов неистощительного пользования лесом. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1991. – 30 с.

3. Чупров Н.П., Антуфьева Е.Д. Многофакторная динамическая модель не-  
истощительного пользования лесом // Лесоведение. – 1993. – № 5. – С. 19-30.

СевНИИЛХ  
Архангельская лесоустроительная экспедиция

Поступила 24.02.99

*N.P. Chuprov, S.V. Torkhov*

### **On the Technique of Determining the Final Cutting Size**

The dynamics of planned cutting areas in the regions of the European North is considered. The reasons for the considerable decrease of the planned cutting areas are pointed out. The imperfection of the standard software for calculating the main forest management on PC applied now in forest management is analyzed, the proposals on improving the technique and software are given. The non-decreasing forest use is proposed as the principle of the planned cutting areas mostly corresponding to the principle of sustainable development of forest management.

---

УДК 630\*232

**Е.Н. Наквасина**

Наквасина Елена Николаевна родилась в 1952 г., окончила в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ботаники и общей экологии Поморского государственного университета. Имеет около 90 печатных работ в области лесных культур и лесного семеноводства.

**ИСПЫТАНИЕ МЕЖГЕОГРАФИЧЕСКИХ  
ПОЛУСИБСОВЫХ ГИБРИДОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
В СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ**

Рассмотрен рост 11-летних полусибсовых межгеографических гибридов сосны в испытательных культурах в Республике Коми. Дана сравнительная характеристика роста гибридных и автохтонных сосен того же происхождения по высоте, а также длине и массе хвои в культурах первой и второй генерации.

сосна обыкновенная, полусибсовые гибриды, средняя подзона тайги, культуры, гибридные сеянцы, климатипы, автохтонные популяции.

Потомство сосны, полученное при скрещивании деревьев, произрастающих в разных районах ареала породы, может оказаться более быстрорастущим и устойчивым к неблагоприятным факторам среды, чем исходные популяции. При скрещивании медленно растущих северных сосен с быстрорастущими более южными рассчитывают на получение гибридов, сочетающих в себе повышенную устойчивость первых с высокой энергией роста вторых [3, 5, 11]. Гибридное потомство аддитивно сочетает в себе родительские черты и дает новый генотип, в котором доля влияния маточника составляет 75 ... 77% [1, 5, 7].

Эффект скрещивания зависит от территориальной удаленности родительских пар [6], но, как правило, при выращивании в культурах на широте более южного родителя сеянцы-гибриды занимали промежуточное положение по высоте. В отдельных случаях наблюдалось ускорение роста потомства на 10 ... 20% [1, 3, 5, 6, 9], возникающее за счет аддитивных эффектов и разной комбинационной способности родительских пар [2, 8, 11]. Отсутствие выявленных закономерностей межформовой гибридизации требует проверки по потомству различных комбинаций скрещиваний.

Нами изучался рост полусибсового спонтанного потомства сосны, полученного в северотаежных климатипах в географических культурах Архангельской области и Республики Коми (средняя подзона тайги). Северные экотипы сосны начали образовывать макростробилы с 8-летнего возраста,

колоски на 4-5 лет позже. В первые годы репродуктивного цикла женские шишечки опылялись пылью сосняков, окружающих географические культуры. Семенное потомство было гибридным, полученным в результате скрещивания северо- и среднетаежных географических рас сосны.

Испытательные культуры были заложены в Корткеросском лесхозе Республики Коми (на широте 61° 41' с. ш.) в 1990 г. научным сотрудником АИЛиЛХ С.Н. Тархановым под методическим руководством автора на вырубке 40-х годов из-под сосняка брусничного. Почва – подзол иллювиально-железистый средней мощности на двучленных отложениях. 2-летние сеянцы, выращенные в теплице Корткеросского лесхоза, высаживали вручную по микроповышениям, подготовленным плугом ПКЛ-70. Расстояние между рядами 2,5 м, между растениями в ряду 0,7 ... 0,8 м. Число высаженных растений по вариантам 165 ... 380 шт., приживаемость сеянцев на первый год после посадки 83 ... 95 %.

На лесокультурную площадь были высажены сеянцы в пяти вариантах. Наличие гибридов с различными отцовскими популяциями, участвующими в опылении стробиллов северной сосны, вызвало необходимость введения в эксперимент двух вариантов контроля, в которых были использованы семена хозяйственной заготовки (того же года репродукции) из Плесецкого лесхоза Архангельской области и Корткеросского лесхоза Республики Коми.

Культуры были обследованы спустя 8 лет после посадки. Все сосны автохтонного и гибридного происхождения имели прямые стволы. В 11-летнем биологическом возрасте отстает в росте автохтонная сосна

Таблица 1

Происхождение исходных популяций		Диаметр на 0,1 м, см		Высота, м	
		$X \pm m$	$t$	$X \pm m$	$t$
Материнская	Отцовская				
Мурманская обл., 67°51'	Архангельская обл., 62°54'	3,55±0,15	2,7	1,94±0,07	0,8
То же, 67°00'	Республика Коми, 61°41'	3,69±0,09	4,7	2,13±0,08	1,3
Архангельская обл., 64°45'	То же,	3,38±0,09	2,4	1,96±0,07	0,4
То же, 62°54'	Естественное насаждение	3,25±0,09	1,4	1,80±0,06	2,5
Республика Коми, 61°41'	То же	3,06±0,10	–	2,00±0,06	–

плесецкой популяции из западной части средней подзоны тайги. Это объясняется, видимо, более континентальными условиями произрастания в Республике Коми. Полусибсовое потомство северотаежных сосен среднетаежной репродукции имеет высоты на уровне одновозрастной местной сосны (табл. 1,  $t_{005} = 2,01$ ). Эта закономерность сохраняется и по приростам за последние годы. Анализ хода роста культур показал, что ранговое положение

различных вариантов по высоте оставалось неизменным после посадки сеянцев на лесокультурную площадь.

В настоящее время гибридные сеянцы, полученные от скрещивания популяций сосны, отстоящих друг от друга на 5° с. ш. по сетке координат, превосходят контроль на 6,0 ... 7,5 % по высоте. При сближении территорий исходных популяций до 3° с. ш. различия по высоте сглаживаются.

Сеянцы-гибриды имеют более интенсивный рост по диаметру, чем автохтонные сосны, различия достигают 16 %. При этом они сохраняют присущую среднетаежным популяциям предрасположенность к образованию в среднем пяти боковых веток в мутовке.

Особый интерес с точки зрения наследования признаков представляет сравнение роста полусибсового потомства сосны с культурами автохтонного происхождения тех же климатипов, произрастающих в местах расположения материнских и отцовских популяций, участвующих в скрещивании. Такое сравнение было сделано по результатам обследования географических культур близкого возраста в Республике Коми [4].

Характеристика роста полусибсовых гибридов среднетаежной репродукции в сравнении с одновозрастным потомством автохтонных популяций соответствующего происхождения в географических культурах приведена в табл. 2. Для одних и тех же климатипов в культурах первого и второго поколения были рассчитаны показатели относительной успешности роста ( $Q$ ) как разница в высотах относительно местного (контрольного) варианта в опыте, выраженная в единицах стандартного отклонения [10]. Применение относительных показателей позволяет сравнить опыты разного

Таблица 2

Происхождение материнских насаждений	Высота, м, в культурах генерации		Показатель $Q$ в культурах генерации		Селекционный эффект ( $Q_2 - Q_1$ )
	1	2	1	2	
Мурманская обл., 67°51'	0,90	1,94*	-2,18	-0,50	+1,68
То же, 67°00'	0,93	2,13*	-2,10	+1,09	+3,19
Архангельская обл., 64°45'	1,36	1,96*	-0,86	-0,34	+0,52
То же, 62°54'	1,54	1,80	-0,34	-1,68	-1,34
Республика Коми, 61°41'	1,66	2,00	-	-	-

\* Гибридное потомство.

возраста, заложенные в различных условиях местообитаний. Селекционный эффект конкретной комбинации скрещивания определяли как абсолютную разницу в относительных показателях успешности роста гибридного и автохтонного потомств. Он показывает увеличение или снижение роста гибридов по сравнению с потомством материнской популяции в данном пункте произрастания.

Для потомства автохтонных популяций северных экотипов сосны при выращивании в условиях Республики Коми характерны отрицательные показатели относительной успешности роста по сравнению с местным кли-

матипом. Эффект снижения роста закономерно усиливается по мере удаления родины климатипа от пункта испытания. Скрещивание медленнорастущих северотаежных популяций сосны со среднетаежными существенно меняет характер роста потомства. Наибольший селекционный эффект от скрещивания в опыте показала сосна из южной части Мурманской области (опылитель - популяция из Республики Коми). Этот показатель у нее почти в 2 раза выше, чем у гибридов сосны мончегорской и плесецкой популяций. Эффект от гибридизации северотаежной и среднетаежной сосен, родина которых расположена в пределах 3 °с. ш., значительно ниже (+ 0,52).

Важнейшим показателем жизненного состояния и потенциальных возможностей растений является характер развития их ассимиляционного аппарата. Нами проведено сравнение длины и массы хвои (в расчете на единицу длины 100 хвоинок) полусибсовых гибридов с их автохтонными аналогами в географических культурах первой генерации. Образцы хвои отбирали в гибридном потомстве с ортотропного побега текущего года, в 22-летних культурах – с плагиотропных побегов в нижней части кроны. Учитывая разновозрастность культур, различия в расположении хвои в кроне сосны и условиях ее формирования, для сравнения был использован тот же принцип расчета показателей относительной успешности ( $Q_1$  и  $Q_m$  соответственно), применяемый нами при селекционной оценке роста культур в высоту.

Рост хвои по длине аналогичен росту культур в высоту. У гибридного потомства он усиливается, причем чем севернее родина материнской популяции, тем значительно увеличивается длина хвои климатипа при

Таблица 3

Происхождение материнских насаждений	Длина хвои, мм	$Q_1$	Масса 1 см длины 100 шт. хвои, г	$Q_m$	Эффект гибридизации по развитию хвои	
					по длине	по массе
Мурманская обл., 67°51'	<u>24,7±0,72</u>	<u>-2,48</u>	<u>0,61</u>	<u>+2,06</u>	+4,27	+0,52
	59,2±1,08	+1,79	1,00	+2,58		
То же, 67°00'	<u>35,0±0,64</u>	<u>-0,68</u>	<u>0,54</u>	<u>+1,37</u>	+2,08	+0,89
	56,2±1,57	+1,40	0,96	+2,26		
Архангельская обл., 64°45'	<u>29,3±0,61</u>	<u>-1,67</u>	<u>0,56</u>	<u>+1,57</u>	+1,21	-0,12
	41,6±0,77	-0,46	0,86	+1,45		
Республика Коми, 61°41'	<u>38,9±0,94</u>	-	<u>0,40</u>	-	-	-
	45,2±0,92		0,68			

Примечание. В числителе показатели культур первой генерации; в знаменателе – второй.

спонтанной гибридизации со среднетаежной сосной (табл. 3). В то же время накопление органической массы в расчете на единицу длины хвои остается примерно на одном уровне как у автохтонных, так и у гибридных популя-

ций. Это позволяет говорить о том, что ускорение роста в гибридном потомстве не нарушает энергетический баланс развития деревьев.

Таким образом, при выращивании на широте южного родителя 11-летнее потомство сосны северотаежных экотипов среднетаежной репродукции превосходит по высоте на 2,0 ... 7,5 %, по диаметру на 10 ... 16 % одновозрастное потомство автохтонных сосен, выступавших в качестве опылителей. Полусибсовы спонтанные гибриды сосны значительно усиливают рост (в высоту, по диаметру, по длине хвои) по сравнению с автохтонными популяциями того же происхождения. Наибольший эффект от гибридизации наблюдается при использовании в качестве материнских растений климатипов из Мурманской области (67 ... 68°с. ш.). Несмотря на усиление роста в гибридном потомстве, характер накопления органического вещества в хвое не изменяется, сохраняя энергетический баланс, присущий автохтонным популяциям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биргелис Я.Я., Бауманис И.И. Оценка 10-летнего гибридного потомства сосны обыкновенной // Развитие генетики и селекции в лесохозяйственном производстве: Тез. докл. Всесоюз. науч.-технич. совещ. – М., 1988. – С. 16-17.
2. Иевлев В.В., Исаков Ю.Н., Чернодубов А.И. Гибридизация сосны обыкновенной // Лесная генетика, селекция и физиология древесных растений: Матер. Междунар. симпоз. (25-30 сент. 1989 г., Воронеж). – М., 1989. – С. 190-192.
3. Манцевич Е.Д., Сероглазова Л.М. Совершенствование лесосеменной базы сосны обыкновенной Северо-Запада РСФСР // Лесн. журн. – 1983. – № 1. – С. 24-28. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Наквасина Е.Н. и др. Географические культуры сосны на Европейском Севере / Е.Н. Наквасина, Н.В. Улиссова, С.Н. Тарханов и др. // Лесоводство, лесоразведение, лесные пользования: Экспресс-информация / ЦБНТИ Гослесхоза. – 1987. – Вып. 13. – С. 2-11.
5. Ненюхин В.Н. Селекционное семеноводство лесобразующих пород // Экспресс-информация / ЦБНТИ Гослесхоза. – 1983. – 32 с.
6. Ненюхин В.Н. Внутривидовая гибридизация и генетико-селекционная оценка плюсовых деревьев в клонах на лесосеменных плантациях первого порядка как принцип повышения продуктивности насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.): Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1997. – 51 с.
7. Попов В.Я., Жариков В.М. Селекционные основы семеноводства сосны и ели на Европейском Севере // Селекция и семеноводство хвойных пород на Европейском Севере. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1990. – С. 3-17.
8. Часнавичус Х. Энергия роста гибридных семян сосны обыкновенной // Лесн. хоз-во: Тр. ЛитНИИЛХ. – Вильнюс, 1990. – № 30. – С. 82-90.
9. Andersson B. Autumn frost hardiness of *Pinus sylvestris* offspring from seed orchard grafts of different ages // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1992. – N 7. – P. 367-375.
10. Giertych M. Summary of results of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) height growth in IUFRO provenance experiments // *Silvae Genetica*. – 1979. – N 4. – P. 136-152.

---

11. Park Y.S., Gerhold H.D. Population hybridization in Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.). 1. Genetic variance components and heterosis // *Silvae Genetica*. – 1986. – Vol. 35, N 4. – P. 159-165.

Поморский государственный университет

Поступила 01.03.99

*E.N. Nakvasina*

**Testing the Intergeographical Semisybs Pine Hybrid of Scots Pine in the Middle Subzone of Taiga**

The growth of the 11-aged semisybs intergeographical hybrids of pine in the testing cultures of the Komi Republic is analyzed. The comparative characteristic is given for the growth of hybrid and domestic pines of the same origin according to their height, length and mass of needles in the first and second generation cultures.

---

УДК 630\*242:630\*182

### ***В.В. Прокопцов, Г.С. Андриюшин***

Прокопцов Владимир Владимирович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и защиты леса Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 47 печатных трудов в области повышения эффективности рубок ухода, влияния их на развитие живого напочвенного покрова и влияния удобрений на рост дикорастущих ягодников.



Андриюшин Григорий Сидорович родился в 1940 г., окончил в 1965 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры дендрологии и лесной селекции Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 28 печатных трудов в области изучения дикорастущих ягодников и их использования.



## **ВЛИЯНИЕ ДАВНОСТИ РУБОК УХОДА В СОСНЯКАХ НА СОСТАВ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

Установлено, что на видовой состав живого напочвенного покрова существенно влияют интенсивное разреживание древостоя и давность рубки.

рубки ухода, разреживание, сосняки, напочвенный покров, светолюбивые виды.

Разреживание древостоев рубками ухода, особенно интенсивное, существенно влияет на рост и развитие живого напочвенного покрова. Увеличивается урожайность ягодников [2, 3, 5, 8, 11, 12], запас лекарственных растений [1, 4–6], однако заметных изменений в видовом составе не наблюдается [7, 9, 10].

Влияние давности рубок ухода на состояние живого напочвенного покрова изучали в сосновых насаждениях естественного происхождения. В Опытном лесничестве Учебно-опытного лесхоза БГИТА были заложены три постоянные пробные площади (ППП): № 1 – контроль; № 2 – интенсивность разреживания 45,5 % (1965 г.); № 3 – 40,5 % (1985 г.). До рубок насаждение представляло единый выдел. Таксационная характеристика ППП приведена в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	ППП № 1		ППП № 2		ППП № 3		
	1985	1996	1985	1996	1985		1996
					до рубки	после рубки	
Состав	10С, ед.Б	10С, ед.Б	10С	10С	10С, ед.Б	10С	10С
<i>A</i> , лет	42	53	42	53	42	42	53
<i>D</i> <sub>ср</sub> , см	12,5	16,6	19,9	24,8	14,3	19,3	24,4
<i>H</i> <sub>ср</sub> , м	14,8	18,6	17,6	19,4	15,8	18,7	20,0
Полнота	0,65	0,84	0,45	0,64	0,74	0,44	0,64
Класс бонитета	I	I	I	I	I	Ia	I
Густота, шт./га	1871	1514	516	515	1636	536	534
Тип лесорастительных условий	<i>B</i> <sub>2-3</sub>	<i>B</i> <sub>2-3</sub>	<i>B</i> <sub>2</sub>	<i>B</i> <sub>2</sub>	<i>B</i> <sub>2-3</sub>	<i>B</i> <sub>2-3</sub>	<i>B</i> <sub>2</sub>
Тип леса	С.-чер.	С.-чер.	С.-бр.	С.-вер.	С.-чер.	С.-чер.	С.-бр.-чер.
<i>G</i> , м <sup>2</sup> /га	22,9	32,7	16,0	24,8	26,2	15,6	24,8
<i>M</i> , м <sup>3</sup> /га	176	271	124	214	216	130	221

В 1996 г. на пробных площадях проведен пересчет деревьев и учет живого напочвенного покрова. Для этого на каждой пробе заложено по 25 учетных площадок размером 1 м<sup>2</sup>, на которых подсчитывали количество растений живого напочвенного покрова по видам.

Установлено, что на учетных площадках ППП № 1 количество видов живого напочвенного покрова варьирует от 4 до 7 (общее количество – 11), на ППП № 2 – от 4 до 12 (общее количество – 23), на ППП № 3 – от 3 до 9 (общее количество – 17). На всех ППП отмечено лишь шесть одинаковых видов растений: мох Шребера, марьянник лесной, вейник наземный, вереск обыкновенный, черника обыкновенная и брусника обыкновенная (табл. 2).

Остальные виды встречаются на одной-двух ППП. Процент растений на всех ППП колеблется от 8 до 96 для брусники, от 16 до 96 для черники и от 88 до 100 для марьянника лесного. Встречаемость мха Шребера на всех ППП равна 100 %. Меньше всего брусники (18 шт.) и черники (45 шт.) учтено на площадках ППП № 2, где древостой более 30 лет сильно изреживался и эти виды подвергались жесткой конкуренции со стороны вереска и вейника наземного. На контроле, где полнота насаждения наибольшая, реже встречаются светолюбивые виды (вейник наземный – 8, вереск обыкновенный – 22 растения), на ППП № 2 этих видов учтено, соответственно, 254 и 139 шт.

При сравнении на ППП существенно различается количество растений одного вида: брусники ( $t_{\text{факт } 1-2} = 7,94$ ;  $t_{\text{факт } 1-3} = 2,63$ ;  $t_{\text{факт } 2-3} = 6,02$ ;  $t_{\text{табл}} = 2,01$ ); черники ( $t_{\text{факт } 1-2} = 5,82$ ;  $t_{\text{факт } 1-3} = 4,91$ ;  $t_{\text{факт } 2-3} = 2,13$ ;  $t_{\text{табл}} = 2,01$ ); вейника наземного ( $t_{\text{факт } 1-2} = 4,38$ ;  $t_{\text{факт } 1-3} = 4,36$ ;  $t_{\text{факт } 2-3} = 2,65$ ;  $t_{\text{табл}} = 2,04$ ); марьянника лесного ( $t_{\text{факт } 1-2} = 2,62$ ;  $t_{\text{факт } 1-3} = 2,33$ ;  $t_{\text{табл}} = 2,04$ ). Различие недостоверно по количеству марьянника лесного на ППП № 2 и 3 ( $t_{\text{факт } 2-3} = 0,22$ ;  $t_{\text{табл}} = 2,04$ ).

Таблица 2

Вид растений	ППП № 1			ППП № 2			ППП № 3		
	Встречаемость, %	Учтено растений, шт.	Среднее, шт./м <sup>2</sup>	Встречаемость, %	Учтено растений, шт.	Среднее, шт./м <sup>2</sup>	Встречаемость, %	Учтено растений, шт.	Среднее, шт./м <sup>2</sup>
Вейник наземный	12	8	0,32	88	254	10,16	68	97	3,88
Марьянник лесной	88	127	5,08	100	228	9,12	92	239	9,56
Брусника	96	1017	40,68	8	18	0,72	84	603	24,12
Черника	96	838	33,52	16	45	1,80	52	175	7,00
Вереск обыкновенный	32	22	0,88	64	139	5,56	56	81	3,24
Плеуроциум Шребера	100	–	–	100	–	–	100	–	–
Молиния голубая	96	373	14,92	–	–	–	4	3	0,12
Розга золотая	–	–	–	16	6	0,24	24	19	0,76
Ландыш майский	–	–	–	12	7	0,28	28	53	2,12
Земляника лесная	–	–	–	24	57	2,28	12	27	1,08
Овсяница овечья	–	–	–	60	253	10,12	20	20	0,80
Фиалка собачья	–	–	–	12	8	0,32	4	1	0,04
Зимолобка зонтичная	–	–	–	4	3	0,12	4	15	0,60
Мятлик луговой	–	–	–	8	25	1,00	4	15	0,60
Седмичник европейский	32	51	2,04	–	–	–	–	–	–
Толокнянка обыкновенная	4	11	0,44	–	–	–	–	–	–
Майник двулистный	4	2	0,08	–	–	–	–	–	–
Малина обыкновенная	4	3	0,12	–	–	–	–	–	–
Люпин многолетний	–	–	–	20	19	0,76	–	–	–
Кошачья лапка	–	–	–	8	94	3,76	–	–	–
Ожика волосистая	–	–	–	16	8	0,32	–	–	–
Ястребинка волосистая	–	–	–	8	12	0,48	–	–	–
Манжетка обыкновенная	–	–	–	8	2	0,08	–	–	–
Колокольчик раскидистый	–	–	–	8	2	0,08	–	–	–
Фиалка душистая	–	–	–	12	4	0,16	–	–	–
Зверобой продырявленный	–	–	–	4	2	0,08	–	–	–
Кукушкин лен	–	–	–	8	–	–	–	–	–
Кладония лесная	–	–	–	48	–	–	–	–	–
Вероника лекарственная	–	–	–	–	–	–	12	16	0,64
Подбельник	–	–	–	–	–	–	4	1	0,04
Плаун булавовидный	–	–	–	–	–	–	4	1	0,04

Таким образом, чем больше период после рубки, тем сильнее изменяется состав, увеличивается количество светолюбивых растений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисова Н.А.* Изучение динамики популяций ландыша майского для целей ресурсоведения // Ресурсы дикорастущих лекарственных растений СССР: Тез. докл. – М., 1972. – С. 41-43.
2. *Гедых В.Б.* Биологическая продуктивность дикорастущих ягодников и пути ее повышения: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Минск, 1989. – 18 с.
3. *Гедых В.Б., Косая Ж.Н.* Лесохозяйственные мероприятия в естественных клюквенниках и качество ягод // Ресурсы дикорастущих плодово-ягодных растений, их рациональное использование и организация плантационного выращивания хозяйственно-ценных видов в свете решения Продовольственной программы СССР: Тез. докл. – Гомель, 1983. – С. 6-8.
4. *Зайцева Н.Л., Белоногова Т.В.* Режим эксплуатации зарослей дикорастущих лекарственных растений в лесах Южной Карелии: Методич. указ. – Петрозаводск, 1987. – 15 с.
5. *Зайцева Н.Л., Белоногова Т.В.* Пути повышения продуктивности зарослей сырьевых растений // Принципы и методы рационального использования дикорастущих полезных растений. – Петрозаводск, 1989. – С. 125-141.
6. *Иванчиков А.А.* Влияние несплошных рубок на биологическую продуктивность сосновых насаждений Карелии // Лесоводственные и экологические последствия рубок в лесах Карелии. – Петрозаводск, 1986. – С. 31-50.
7. *Луганский Н.А., Макаренко Г.П., Тишкова Н.В.* Влияние рубок ухода в сосновых молодняках на развитие травяно-кустарничкового покрова // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск, 1978. – № 11. – С. 111-117.
8. *Победов В.С., Гримашевич В.В.* Рекомендации по повышению продуктивности дикорастущей голубики. – Гомель, 1984. – 18 с.
9. *Прокопцов В.В., Андрюшин Г.С.* Влияние рубок ухода на встречаемость брусники и черники в сосняке естественного происхождения // Вопросы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. – Брянск, 1995. – Вып. 3. – С. 25.
10. *Прокопцов В.В., Андрюшин Г.С.* Влияние рубок ухода на состав и встречаемость растений живого напочвенного покрова в сосняках Опытного лесничества // Лесн. журн. – 1997. – № 1-2. – С. 64-68. – (Изв. высш. учеб. заведений).
11. *Саковец В.И.* Ресурсы некоторых лекарственных растений в лесах Кондопожского района Карелии // Ресурсы недревесной продукции лесов Карелии. – Петрозаводск, 1981. – С. 15-28.
12. *Терлецкий В.К.* Лесоводственные основы ведения хозяйства в ягодниках // Брусничные в СССР: Ресурсы, интродукция, селекция: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – С. 47-54.

Брянская государственная  
инженерно-технологическая академия

Поступила 07.04.98

*V.V. Prokoptsov, G.S. Andryushin*

#### **Influence of Cleaning Cutting Time in the Pine Stands on the Field Layer Composition**

It is found out that the stand intensive thinning and cutting time provide a considerable influence on the species composition of the field layer.

УДК 630\*:551.521

***И.В. Турлай, Г.А. Чернушевич, В.В. Перетрухин, В.В. Терешко***

Турлай Иван Васильевич родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета. Имеет около 200 печатных работ в области технологии и оборудования лесопромышленного производства.



Чернушевич Григорий Алексеевич родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Белорусский технологический институт, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 30 печатных работ в области защиты населения в чрезвычайных ситуациях, радиационной безопасности, технологии и оборудования лесопромышленного производства.

**РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ  
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ**

Приведены данные о радиоактивном загрязнении древесины, образовавшемся в результате аварии на Чернобыльской АЭС; распределение радионуклидов цезия-137 основных лесообразующих пород.

радиоактивное загрязнение почвы, подстилки; накопление радионуклидов в древесине, цезий – 137, Чернобыль, возможности лесозаготовок.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС в зоне радиоактивного загрязнения оказалось около 1,73 млн га лесов (25 % лесных угодий Республики Беларусь).

Цель нашей работы – изучить содержание радионуклидов в древесине и лесопродукции после катастрофы. Исследования проводили согласно «Методике определения удельной активности сырья, материалов, готовой продукции предприятий Госкомпрома Республики Беларусь по радионуклидам цезия на радиометре РУГ-91» (МВИ 69-94). Для измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения и определения однородности партии сырья, материалов и т. д. использовали дозиметр ДРГ-01 Т1; удельной активности содержания радионуклидов цезия-137 в различных пробах (кора, крона, древесина основных лесообразующих пород) – гамма-радиометры РУГ-91 и РУБ-01 П6.

В первые дни после аварии около 80 % всех радиоактивных выпадений на лесные площади было задержано надземными частями древесных

растений и около 20 % осело на напочвенный покров. В конце лета 1986 г. в надземной фитомассе осталось 13 ... 15 % общего количества выпавших радионуклидов, а начиная с 1988 г. усиливается корневое поступление в надземную фитомассу радионуклидов цезия-137 и стронция-90. В настоящее время в надземной части, в зависимости от возраста и густоты лесных насаждений, породы деревьев и условий произрастания, находится 5 ... 7 % радионуклидов. Исследования свидетельствуют о продолжающемся процессе накопления радионуклидов в древесине.

Прогноз радиоактивного заражения лесной площади показывает, что загрязнение лесов будет нарастать и радионуклиды начнут поступать в древесный ярус в основном через корневую систему. В ближайшие 10 ... 15 лет надземная фитомасса, в частности 30-летних сосняков, накопит 10 ... 15 % от общего запаса цезия-137 в лесных массивах.

В настоящее время радиационная обстановка в лесах зоны 15 ... 40 Ки/км<sup>2</sup> обусловлена загрязнением древостоя, подстилки и верхнего слоя почвы цезием-137.

Мощность экспозиционной дозы излучения (МЭД) в соответствии с требованиями регламента при проведении лесосечных работ в зонах 15 ... 40 Ки/км<sup>2</sup> не должна превышать 260 мкР/ч (в системе СИ А/кг).

В зимний период, по сравнению с летним, МЭД гамма-излучения за счет пылеподавления, увлажнения почвы, экранирования снежным покровом и промерзания грунта снижается на 30 ... 40 %. При наличии снежного покрова пылеобразование не происходит и, как следствие, снижается поступление радионуклидов из почвы в атмосферу. При лесосечных работах в меньшей степени загрязняется техника, спецодежда лесозаготовителей и на участках рубок снижается поступление радионуклидов внутрь организма работающих.

В лесных экосистемах аккумулятором радионуклидов является подстилка. Из подстилки лиственных лесов радионуклиды мигрируют в минеральную часть почвы быстрее, из хвойных медленнее. При повышенном увлажнении этот процесс еще более активизируется. Чем толще слой подстилки, тем больше в нем радионуклидов. Так, в подстилке сосновых и еловых лесов на песчаных почвах содержится до 70 % радионуклидов и только 30 % в минеральной части; в подстилке черноольшаников и дубрав в 4-10 раз меньше.

Распределение радионуклидов в вертикальном профиле почвы экспоненциальное. Верхний слой (5 см) и подстилка содержат их от 92 ... 95 % в сосновых лесах на почвах с автоморфным режимом увлажнения до 70 % в черноольховых лесах с гидроморфным режимом увлажнения и заторфованным слоем почвы. По этой причине в сухую погоду, зимой в отсутствие снежного покрова, подстилка и верхний слой почвы (0 ... 5 см) будут основным источником поступления радиоактивной пыли в атмосферу и органы дыхания работающих.

Уровень загрязнения древесины основных лесобразующих пород зависит от почвенно-гидрологических условий. На процесс накопления

Порода	Плотность загрязнения, Ки/км <sup>2</sup>	Уровень загрязнения, Бк/кг		
		Древесина	Кора	Крона
Сосна	15	1032	4 662	9 102
	30	2065	9 324	18 204
	40	2753	12 432	24 272
Ель	15	20	5 384	5 772
	30	966	10 767	11 544
	40	1288	14 356	15 392
Береза	15	955	3 552	8 048
	30	1909	7 104	16 095
	40	2546	9 472	21 460
Осина	15	1166	6 882	7 826
	30	2331	13 764	15 651
	40	3108	18 352	20 868

радионуклидов влияют также плодородие и водный режим почв. Чем меньше плодородие, тем больше радионуклидов накапливает древесина. На влажных почвах процесс накопления идет интенсивнее, чем на сухих.

Распределение радионуклидов цезия-137 основных лесообразующих пород показано в таблице.

Анализ данных таблицы показывает, что основная масса радионуклида цезия-137 сосредоточена в коре и ветвях деревьев. Древесина загрязнена в меньшей степени, что позволяет получать деловую древесину с допустимыми уровнями радиоактивного загрязнения, используя механическую обрезку наиболее загрязненных периферийных частей с корой или окорку на месте лесозаготовок.

Содержание цезия-137 в древесине сосны разного диаметра стволов анализировали в наиболее представительном мшистом типе леса.

Исследование факторов, влияющих на величину и характер распределения цезия-137 по радиусу ствола (от центра к периферии) и его высоте, имеет важное значение для получения продукции лесного хозяйства в зоне с плотностью загрязнения 15 ... 40 Ки/км<sup>2</sup>.

Распределение цезия-137 в древесине сосны в радиальном направлении равномерное, небольшое увеличение активности древесины соответствует годичным кольцам, образовавшимся после Чернобыльской катастрофы. В древесине осины максимальная концентрация цезия-137 наблюдается в наружных годичных кольцах, в березе убывает от сердцевины к пери-

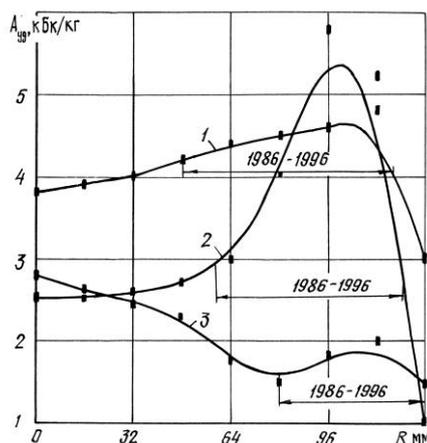


Рис. 1. Изменение удельной активности древесины ( $A_{уд}$ ) различных пород по радиусу ( $R$ ): 1 – сосна; 2 – осина; 3 – береза

ферии. Это свидетельствует о том, что цезий-137 откладывается не только во вновь нарастающих слоях, но и поступает в ту часть ствола, которая образовалась до попадания радионуклидов под полог леса. Распределение активности в древесине различных пород в радиальном направлении показано на рис. 1.

Концентрация цезия-137 в коре сосны с высотой (по длине хлыста) возрастает, в древесине сосны и березы практически не изменяется, в древесине и коре осины убывает. В коре березы максимальная концентрация цезия-137 наблюдается в нижней части ствола до 2 м, где кора шероховатая, пористая. Распределение активности различных пород по длине хлыста показано на рис. 2 (Ельский лесхоз, плотность загрязнения около 20 Ки/км<sup>2</sup>).

Зависимость степени загрязнения древесины и коры основных лесобразующих пород от плотности загрязнения местности представлена на рис. 3. Допустимая концентрация цезия-137 в неокоренных лесоматериалах 18,5; в окоренных 3,7; в отходах лесозаготовок и обработки древесины 9,62; в обрезных пиломатериалах 1,85 кБк/кг.

Анализ данных рис. 3 показывает, что окорка древесины непосредственно на месте лесозаготовок позволяет использовать ее для производства столбов, пиловочника для промышленной тары при плотности загрязнения до 40 Ки/км<sup>2</sup>. Получение обрезных пиломатериалов с допустимой степенью загрязнения возможно в зоне 15 ... 30 Ки/км<sup>2</sup>.

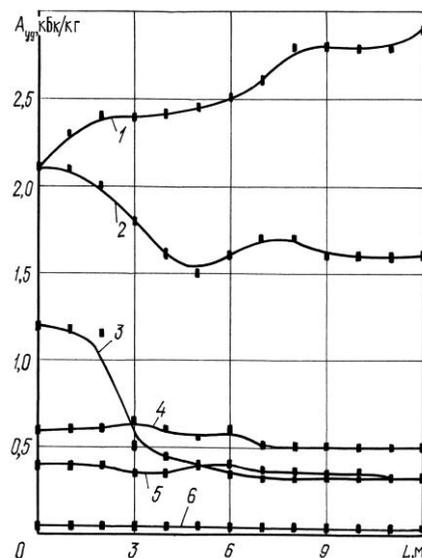


Рис. 2. Изменение удельной активности древесины ( $A_{уд}$ ) различных пород по длине хлыста ( $L$ ): 1, 2, 3 – кора; 4, 5, 6 – древесина соответственно сосны, осины и березы

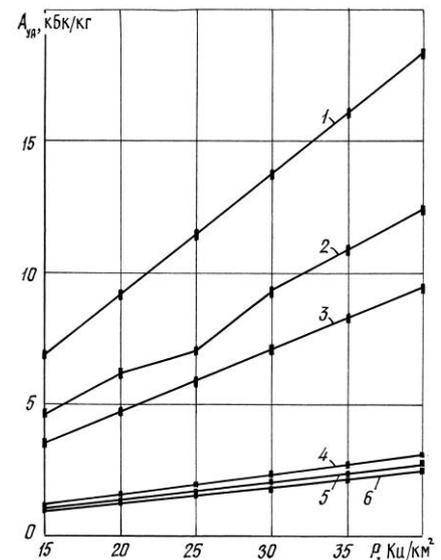


Рис. 3. Зависимость удельной активности ( $A_{уд}$ ) древесины и коры различных пород от плотности загрязнения ( $P$ ): 1, 2, 3 – кора; 4, 5, 6 – древесина осины, сосны и березы

*Выводы*

1. Проведенные исследования позволяют обосновать возможность проведения лесозаготовительных работ в зоне 15 ... 40 Ки/км<sup>2</sup>.

2. Окорка и производство обрезных пиломатериалов мобильными лесоперерабатывающими машинами позволяет получать лесопroduкцию, соответствующую требованиям действующих норм.

3. Заключение о возможности производства лесозаготовительных работ на конкретном участке должно осуществляться на основе обследования лесосеки, включающего в себя измерение мощности экспозиционной дозы, запаса радиоактивного цезия в подстилке и почве, удельной активности древесины, отходов лесозаготовки и первичной обработки древесины.

Белорусский государственный  
технологический университет

Поступила 01.06.98

*I.V. Turlay, G.A. Chernushevich, V.V. Peretrukhin, V.V. Tereshko*

**Radioactive Contamination of Wood in the Chernobyl Zone**

The data about radioactive contamination of wood formed as a result of failure at the Chernobyl Nuclear Power Station is presented; distribution of radionuclides of cesium-137 among the main forest-forming species is shown.

---

УДК 630\* 450

***А.Н. Белов***

Белов Анатолий Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Московский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией арборицидов Всероссийского научно-исследовательского института химизации лесного хозяйства. Имеет более 80 печатных трудов в области лесоведения, лесозащиты и экологии.



### **ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИСТВЫ НАСЕКОМЫМИ**

На основе математического анализа определены отдельные профессионально-психологические качества специалистов по экспертной оценке состояния деревьев в очагах насекомых-фитофагов. Указаны необходимые условия получения объективных данных при проведении учетных работ.

листогрызущие насекомые, дуб, береза, осина, эксперты, согласованность оценок.

Степень повреждения листьев и хвои – один из главных критериев, на основе которых делается вывод о вреде, причиняемом лесными насекомыми-фитофагами. К настоящему времени разработан ряд методик количественного определения этого показателя, наиболее оперативные и практичные из которых основаны на визуальной (экспертной) оценке [3, 4 и др.]

Несмотря на внешнюю простоту, визуальная оценка повреждений листьев и хвои относится к числу наиболее сложных экспертных работ, и для ее правильного выполнения требуются определенные профессиональные качества и навыки. В общем случае эксперт должен быть компетентен, объективен и заинтересован в проведении своей работы [5]. Конкретное содержание этих качеств в каждом виде экспертизы и их наличие у конкретных экспертов может быть установлено на основе сравнительного математического анализа материалов визуальной оценки состояния одних и тех же участков леса.

Наше исследование основано на данных, полученных в дубовых, березовых и осиновых древостоях Пензенской, Саратовской и Костромской областей, повреждавшихся листогрызущими насекомыми в разные годы, начиная с 1976 г. Методика работ включала визуальную оценку степени повреждения листьев в кронах 50 ... 200 деревьев в каждом учетном пункте (лесопатологическом выделе) и прямое ее измерение в пробах листьев из трех вертикальных слоев крон 5 ... 10 средних деревьев с помощью палетки [1].

Визуальную оценку выполняли способом подервного учета с использованием неравномерной оценочной шкалы. При малом и большом по-

вреждении крон (менее 5 и более 95 %) оценочный шаг равен 1 %, т. е. возможны оценки 2, 96 % и т. п. В интервале экспертных оценок от 5 до 95 % оценочный шаг 5 %. Как правило, бригада экспертов, одновременно учитывающих состояние деревьев на одних и тех же пробных площадях, включала трех человек (максимум пятерых, минимум двоих). Периодически практиковали повторные учеты состояния одних и тех же участков леса с интервалом 0,5 ... 1,0 ч между окончанием предыдущего и началом последующего учетов. Это позволяло работать при практически неизменном состоянии деревьев и обеспечивало достаточный отдых экспертам. Большое количество учетных деревьев исключало возможность запоминания экспертами ранее сделанных оценок, что делало последние независимыми одна от другой.

Обработка полученных данных выполнялась стандартными методами вариационной статистики и заключалась в решении вопроса, в какой мере согласуются оценки степени повреждения крон деревьев на одних и тех же пробных площадях, сделанные: 1) разными экспертами; 2) одним и тем же экспертом в ходе двух и более повторных учетов.

В качестве показателя согласованности экспертных данных использовали коэффициент корреляции между оценками степени повреждения одних и тех же выборочных совокупностей деревьев  $r_{ij}$ . При  $r_{ij} = 1,0$  имеет место полная согласованность; при  $1,0 > r_{ij} \geq 0,9$  очень хорошая; при  $0,9 > r_{ij} > 0,8$  хорошая; при  $0,8 > r_{ij} > 0,6$  удовлетворительная и при  $r_{ij} < 0,6$  слабая.

Таблица 1

Условное обозначение эксперта	Номер учета	Номер экспертизы	Показатель согласованности $r_{ij}$ по номерам экспертиз								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
$\mathcal{E}_a$	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	2	2	0,863	–	–	–	–	–	–	–	–
$\mathcal{E}_b$	1	3	0,771	0,866	–	–	–	–	–	–	–
	2	4	0,796	0,892	0,906	–	–	–	–	–	–
$\mathcal{E}_b$	1	5	0,676	0,834	0,800	0,809	–	–	–	–	–
	2	6	0,701	0,839	0,840	0,855	0,939	–	–	–	–
	3	7	0,705	0,834	0,868	0,849	0,931	0,968	–	–	–
	4	8	0,712	0,839	0,883	0,858	0,924	0,960	0,960	–	–

В табл. 1 приведена типичная матрица корреляций визуальных оценок степени повреждения деревьев по данным восьми экспертиз, сделанных тремя экспертами: два эксперта проводили учет дважды, один – четыре раза. В таблице заключены 28 коэффициентов корреляции – показателей согласованности экспертов. Из них 8 показателей характеризуют степень согласованности повторных измерений одними и теми же экспертами, 20 – оценки состояния одних и тех же деревьев разными экспертами.

Как видно из таблицы, для всех сравниваемых пар учетов показатель согласованности достаточно высок: в 22 случаях  $r_{ij} > 0,8$ , в 5 случаях  $0,7 < r_{ij} < 0,8$  и лишь в одном случае  $r_{ij} < 0,7$ . Это означает, что у разных экспертов складываются в значительной мере сходные впечатления об отно-

сительной степени повреждения разных деревьев. Однако повторные учеты одних и тех же экспертов коррелируют более тесно, чем данные разных экспертов. Так, в первом случае среднее значение из 8 показателей  $r_{ij} = 0,931$ , а во втором среднее из 20 показателей 0,811.

Следовательно, выводы каждого эксперта весьма постоянны и мало меняются при повторных учетах, в то время как разброс оценок разных экспертов заметно больше. Если эксперт Э<sub>а</sub> при первом учете оценивал степень повреждения двух деревьев соответственно в 20 и 75 %, то при втором обычно давал те же оценки либо отличающиеся на 5, реже 10 % и более. Второй эксперт при осмотре тех же деревьев мог оценить степень поврежденности в 30 и 60 %, т. е. также считал, что первое дерево повреждено меньше, а второе больше, но пользовался несколько иной количественной шкалой в силу специфического субъективного восприятия оцениваемого объекта.

При анализе табл. 1 видно, что оценки при повторных учетах коррелируют между собой более тесно, чем при первых учетах. Так, для первого учета  $r_{ij}$  экспертов Э<sub>а</sub> и Э<sub>б</sub> равен 0,771, а для второго 0,892; для экспертов Э<sub>а</sub> и Э<sub>в</sub> соответственно 0,676 и 0,839; Э<sub>б</sub> и Э<sub>в</sub> – 0,800 и 0,855. Это означает, что по мере проведения учетов эксперты постепенно повышают уровень объективности и независимо один от другого вырабатывают сходные относительные оценочные шкалы.

Таблица 2

Условное обозначение эксперта	Номер учета	Факторные нагрузки		
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Э <sub>а</sub>	1	0,823	-0,320	0,138
	2	0,927	-0,231	0,155
Э <sub>б</sub>	1	0,924	-0,135	-0,205
	2	0,929	-0,177	-0,097
Э <sub>в</sub>	1	0,926	0,245	0,123
	2	0,955	0,247	0,019
	3	0,957	0,232	-0,055
	4	0,959	0,203	-0,092

Эта особенность чрезвычайно важна с практической точки зрения, так как указывает на необходимость «разминки» экспертов. В каждом учетном пункте непосредственно перед началом экспертизы они должны тщательно осмотреть 20 ... 30 деревьев разной степени поврежденности, чтобы выработался стереотип оценки.

Матрица показателей степени согласованности была использована для проведения факторного анализа по методике, описанной в работе [2]. В результате расчетов получена система нагрузок трех ортогональных факторов, характеризующих восемь рядов оценок степени повреждения деревьев по данным трех экспертов (табл. 2). Факторные нагрузки являются количественными показателями, аналогичными коэффициентам при независимых переменных в уравнениях множественной регрессии. Сопоставляя эти ве-

личины с дополнительными сведениями об экспертах, можно следующим образом дифференцировать отдельные профессиональные и психологические качества экспертов по их значимости.

Первый фактор – нагрузки  $C_1$ , характеризующие способность человека достаточно точно соотносить фактическую массу листьев (хвои) в кроне дерева, наблюдаемую в момент проведения экспертизы, с ее потенциальным количеством (в отсутствие насекомых) в зависимости от конкретных параметров деревьев (высота, протяженность крон, развитие ветвей) и густоты их стояния. Эта способность хорошо развита у большинства специалистов-практиков лесного хозяйства, поэтому закономерно, что в рассмотренном примере (табл. 2) все оценки  $C_1$  положительны и близки между собой: от 0,823 до 0,959. Характерно, что у каждого эксперта последующая оценка  $C_1$  больше предыдущей. Это согласуется с отмеченным ранее значением предварительной «разминки» экспертов.

Вторым фактором является продолжительность практической работы в качестве эксперта. В табл. 2 максимальные значения  $C_2$  у наиболее опытного эксперта  $\mathcal{E}_в$ , минимальные у эксперта  $\mathcal{E}_а$ , имеющего наименьший стаж практической работы.

Третий фактор характеризует способность эксперта к эффективному выполнению монотонной и однообразной работы, которой является последовательная оценка состояния крон нескольких десятков деревьев. В рассмотренном примере в наибольшей мере этой способностью обладал эксперт  $\mathcal{E}_а$ , в наименьшей – эксперт  $\mathcal{E}_б$ .

Судя по численным значениям факторных нагрузок, в комплексе перечисленных факторов наибольшее значение имеет первый: оценки  $C_1$  заметно больше по абсолютной величине, чем  $C_2$  и  $C_3$ . Рассматривая совокупность этих факторов в целом, на основе данных табл. 2 можно предположить, что наиболее объективным был эксперт  $\mathcal{E}_в$ , наименее – эксперт  $\mathcal{E}_б$ . Фактические данные подтверждают это предположение: при действительной степени повреждения листьев 85,5 % средние оценки эксперта  $\mathcal{E}_в$  в разных учетах колебались от 82,4 до 86,0 %, эксперта  $\mathcal{E}_а$  от 79,5 до 81,4 %, эксперта  $\mathcal{E}_б$  от 67,6 до 68,3 %.

Результаты проведенного исследования показывают, что соблюдение рассмотренных условий обеспечивает необходимую точность визуально-экспертных оценок в очагах массовых размножений хвоелистогрызущих насекомых, позволяет включать экспертные данные в комплекс количественных критериев для прогнозирования развития очагов и принятия решений по регулированию численности вредителей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов А.Н. Некоторые особенности повреждения листьев гусеницами непарного шелкопряда // Роль науки в создании лесов будущего: Тез. докл. Всесоюз. конф. – Л., 1981. – С. 154-155.
2. Белов А.Н. Применение факторного анализа в лесозащите // Лесн. хоз-во. – 1990. – № 6. – С. 49-52.

3. *Богачева И.А.* Упрощенный метод для определения степени повреждения поверхности листа листогрызущими насекомыми // Тр. Ин-та экологии растений и животных. – 1979. – № 119. – С. 110-116.

4. *Иерусалимов Е.Н.* Определение интенсивности повреждения листвы деревьев насекомыми в окрестностях стационара Буон-Лой // Фауна и экология животных Вьетнама. – М.: Наука, 1983. – С. 170-178.

5. Построение экспертных систем / Ред. Ф. Хейес-Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат. – М.: Мир, 1987. – 443 с.

Всероссийский НИИ химизации  
лесного хозяйства

Поступила 15.06.98

*A.N. Belov*

### **Factor Analysis of Expert Evaluation of the Damage Degree of Foliage by Insects**

Based on the mathematical analysis certain professional-and-psychological characteristics of experts on evaluation of the tree state in the focus of insects-phytophages have been identified. The necessary conditions of obtaining the objective data when carrying out the inventory work have been pointed out.

---

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\* 378

***А. А. Митрофанов***

Митрофанов Александр Александрович родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 150 печатных работ в области теории и организации водного транспорта леса.



### **К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИНТОВЫХ ЯКОРЕЙ\***

Предложена методика расчета несущей способности винтовых якорей, базирующаяся на классической теории предельного напряженного состояния грунтов и подтвержденная результатами натурных исследований.

винтовые якоря, несущая способность, расчетная зависимость.

Многими поколениями ученых и инженеров-практиков разработано большое количество опор разных конструкций для условий лесосплава. Эти опоры служили, главным образом, для крепления основных лесосплавных гидротехнических сооружений (генеральные запаны и сплотно-формировочные рейды) и представляют собой массивные дорогостоящие объекты с длительным сроком эксплуатации. Применительно к новым технологиям водного транспорта леса требуются принципиально новые рейдовые сооружения – плотостоянки, передерживающие запаны, формировочные и выгрузочные рейды и др., которые отличаются малым объемом переработки древесины, сравнительно небольшими нагрузками и устанавливаются, как правило, на непродолжительное время и часто на отдаленных труднодоступных участках рек.

Для крепления таких сооружений требуются высокоэффективные опоры, надежные в работе и мобильные в установке. Предпочтительно применять русловые опоры, так как установка береговых опор, особенно в отдаленных районах, представляет собой значительные трудности технического и, главным образом, организационного плана, связанные с экологическими проблемами и согласованиями по отчуждению земли. Русловые же опоры могут устанавливаться с мобильных, специально оборудованных транспортных средств без выхода на берег. При этом требуется согласо-

---

\* Работа выполнена по гранту Министерства образования РФ.

ние только с рыбоохранными и судоходными органами. К таким опорам, наряду с разработанными в последнее время в АГТУ [2, 5] новыми якорями складного типа ЯС-15, ЯС-30, ЯС-150, ЯС-170, ЯС-200 и запашного типа ЦЛС-19, безусловно относятся и винтовые якоря конструкции ЦНИИлесосплава [1]. Все они пользуются хорошей репутацией, и с ростом объемов внедрения новых технологий водного транспорта леса спрос на них будет повышаться. В связи с этим вызывает беспокойство точность методики расчета несущей способности винтовых якорей.

По методике [1] несущую способность винтового якоря на действие вертикальной нагрузки ( $P_v$ ) находят по формуле

$$P_v = \rho_r g H \frac{\pi D^2}{4} + 0,5 \rho_r g \pi D H^2 \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где  $\rho_r$  – объемная плотность грунта ;

$g$  – ускорение свободного падения;

$H$  – глубина погружения якоря;

$D$  – диаметр якоря;

$\varphi$  – угол внутреннего трения грунта.

Согласно этой формуле несущая способность анкера определяется массой грунта в призме выпора, объем которой характеризуется коэффициентом пассивного сопротивления грунта  $\operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)$ . По законам механики

грунтов [6] такое взаимодействие имеет место при сопротивлении грунта отпору перемещающейся на массив грунта стенки, что, например, имеет место в чистом виде при рассмотрении физической сущности несущей способности анкерно-стенчатых опор. В случае же винтовых и подобных им других, погружаемых в грунт, опор над ними образуется призма выпора грунта, и ее действие по физической природе такое же, как при работе ограничивающих грунт, например берегоукрепительных, стенок. То есть имеет место активное сопротивление грунта, характеризующееся коэффициентом  $\operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$ .

Отмеченное расхождение в трактовке законов механики грунтов дает при больших  $\varphi$  значительное, практически двойное, завышение объема призмы выпора грунта. В то же время формула (1) не учитывает сцепление в грунте, характеризующееся коэффициентом удельного сцепления  $c$ .

По результатам наших исследований для складных якорей [2, 3] построены схемы поверхностей скольжения грунта во второй фазе напряженного состояния в зависимости от глубины заложения, при которой нарушается равновесие грунта и происходит его сдвиг (рис. 1 а, б). Следуя приведенным выше соображениям об активном коэффициенте сопротивления грунта, находим, что прямая  $ав$  (рис.1, б) наклонена к вертикали под углом

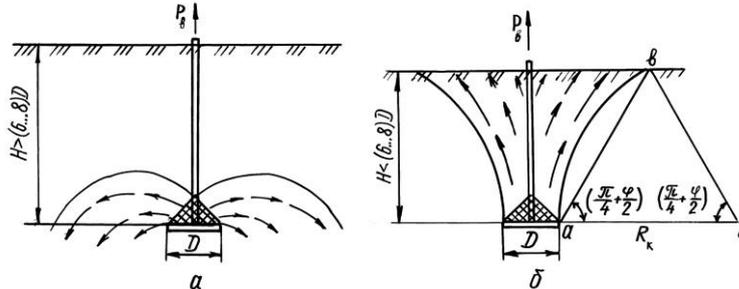


Рис. 1. Схема взаимодействия с грунтом анкера: *a* – глубокого; *б* – неглубокого заложения

$(\pi/4 - \varphi/2)$ . Отсюда радиус кривизны  $R_k$ , очерчивающий поверхность призмы выпора грунта, определим по выражению

$$R_k = \frac{H}{\sin\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)}. \quad (2)$$

Применительно к винтовому якорю неглубокого затопления ( $H \leq (6 \dots 8)D$ ) (рис. 1, *б*) его несущую способность при вертикальной нагрузке находим по формуле

$$P_v = \rho_r g V + cS, \quad (3)$$

где  $\rho_r g V$  – вес призмы выпора грунта;

$cS$  – сила трения по боковой поверхности призмы выпора;

$V$  – объем призмы выпора грунта;

$c$  – удельное сцепление частиц грунта;

$S$  – площадь боковой поверхности призмы выпора.

Для якоря круглой формы объем  $V$  определяем как объем тела вращения:

$$V = \int_0^H F_{\text{п}} dz = \pi \int_0^H (r_k + R_k - \sqrt{R_k^2 - z^2})^2 dz, \quad (4)$$

где  $F_{\text{п}}$  – переменная площадь поперечного сечения призмы выпора;

$r_k$  – радиус якоря,  $r_k = D/2$ .

Решая интеграл (4), получаем

$$V = \pi \left( r_k^2 H + 2R_k r_k H + 2R_k^2 H - \frac{H^3}{3} - (R_k + r_k) \left( H \sqrt{R_k^2 - H^2} + R_k^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \right) \right). \quad (5)$$

Площадь боковой поверхности призмы выпора определяется как площадь поверхности тела вращения ( $S$ ):

$$S = 2\pi \int_0^H x(z) \sqrt{1 + \left( \frac{dx}{dz} \right)^2} dz, \quad (6)$$

$$\text{где } x(z) = R_k + r_k - \sqrt{R_k^2 - z^2}. \quad (7)$$

Решаем интеграл (6):

$$S = 2\pi((R_k r_k + R_k^2) \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) - R_k H). \quad (8)$$

Таким образом, с учетом зависимости (3) несущая способность якоря (анкера) круглой формы может быть вычислена по выражению

$$P_b = \rho_r g \pi (r_k^2 H + 2R_k r_k H + 2R_k^2 H - \frac{H^3}{3} - (R_k + r_k)(H \sqrt{R_k^2 - H^2} + R_k^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right))) + c 2\pi ((R_k r_k + R_k^2) \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) - R_k H). \quad (9)$$

Складные якоря [2] отличаются от винтовых наличием поворотных лап. Формы призм вывора грунта над такими якорями приведены на рис. 2. С учетом этих форм расчетная формула для определения несущей способности складных якорей получена нами [2, 3] в виде

$$P_b = \rho_r g (\pi (r_k^2 H + 2R_k r_k H + 2R_k^2 H - \frac{H^3}{3} - (R_k + r_k) (H \sqrt{R_k^2 - H^2} + R_k^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right))) + n_{\text{л}} \left(\frac{D_{\text{л}}}{2} - r_k\right) (b_{\text{л}} H + 2R_k H - H \sqrt{R_k^2 - H^2} - R_k^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right))) + c(2\pi((R_k r_k + R_k^2) \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) - R_k H) + 2n_{\text{л}} R_k \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \left(\frac{D_{\text{л}}}{2} - r_k\right)), \quad (10)$$

где  $n_{\text{л}}$  – число лап якоря;

$\left(\frac{D_{\text{л}}}{2} - r_k\right)$  – длина лап;

$D_{\text{л}}$  – диаметр размаха лап;

$b_{\text{л}}$  – ширина лап;

$r_k$  – радиус конуса якоря.

Полученная зависимость хорошо согласуется с результатами натуральных исследований складных якорей [2] и является универсальной, применимой для всех типов плоских якорей. При  $n_{\text{л}} = 0$  она преобразуется в формулу (9), выведенную для определения несущей способности винтовых якорей.

Для сравнения в таблице приведены результаты вычислений несущей способности винтовых якорей разного диаметра по формулам (1) и (9)

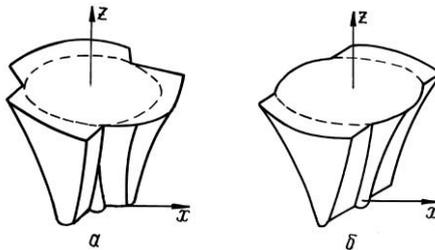


Рис. 2. Призмы вывора грунта над якорями: а – ЯС-15, ЯС-30; б – ЯС-150, ЯС-170, ЯС-200

<i>D</i> , м	<i>H</i> , м	<i>P<sub>в</sub></i> , кН, для песков					
		малой плотности по формуле		средней плотности по формуле		большой плотности по формуле	
		(1)	(9)	(1)	(9)	(1)	(9)
0,2	2,2	25,0	66,5	48,0	84,4	110,6	101,7
0,2	2,5	32,1	89,0	61,8	115,8	142,7	137,2
0,4	2,2	52,0	83,4	98,3	107,2	223,9	124,4
0,4	2,5	66,5	109,4	126,2	139,8	288,4	164,4
0,4	2,7	77,2	129,2	146,8	154,6	335,8	195,7
0,4	4,0	165,8	316,6	318,0	307,3	732,5	484,6

для песков разной плотности: малой ( $\rho = 1520 \text{ кг/м}^3$ ,  $\varphi = 24^\circ$ ,  $c = 0,004 \text{ МПа}$ ), средней ( $\rho = 1740 \text{ кг/м}^3$ ,  $\varphi = 30,5^\circ$ ,  $c = 0,005 \text{ МПа}$ ) и большой ( $\rho = 1900 \text{ кг/м}^3$ ,  $\varphi = 40^\circ$ ,  $c = 0,005 \text{ МПа}$ ).

Анализ приведенных в таблице результатов вычислений показывает, что при  $D \leq 0,2 \text{ м}$  формула (1) дает заниженные результаты для всех типов песков, кроме плотных. Для последних результаты близки к полученным по формуле (9).

У якорей больших диаметров, соответствующих по размерам реальным винтовым якорям, результаты вычислений по формуле (1) близки к полученным по формуле (9) для песков средней плотности, в 1,5 с лишним раза занижены для песков малой плотности и на ту же величину завышены для плотных.

Данное обстоятельство объясняется тем, что при больших значениях коэффициента  $\varphi$  (плотные грунты) призма выпора грунта по формуле (1) оказывается значительно завышенной из-за принятой структуры коэффициента сопротивления грунта, а при малых значениях  $\varphi$ , когда знак в выражении этого коэффициента не играет существенной роли, заниженные результаты по формуле (1) объясняются отсутствием учета сил сцепления грунта. Этой же причиной объясняются и заниженные результаты вычислений для якорей малых диаметров, получаемые по формуле (1).

Проведенные в натуральных условиях исследования [2, 4] и выполненный анализ дают основание рекомендовать для расчета несущей способности якорей и анкеров, погружаемых в грунт, формулу (10), как универсальную для всех типов якорей, и формулу (9) для круглых плоских якорей, в том числе винтовых.

Для наклонного и горизонтального приложений нагрузки несущая способность якорей при известном  $P_v$  определяется [2] по формуле

$$P_r = P_v e^{(\pi/2 - \alpha) \operatorname{tg} \varphi}, \quad (11)$$

где  $\alpha$  – угол наклона бриделя к горизонту.

В заключение нужно отметить, что к применению рассмотренных формул для связных грунтов нужно подходить с большой осторожностью. Наши исследования [2, 7] (более 20 опытов в натуральных условиях) позволили

сделать два вывода. Во-первых, в реальных условиях не встречаются однотипные связные грунты большой мощности (до 3 м и более). Как правило, по глубине грунты разные и располагаются отдельными тонкими слоями. Во-вторых, в опытах не подтверждается явная зависимость несущей способности якорей на таких грунтах от глубины, что имеет место на песчаных грунтах.

Можно отметить только, что несущая способность связных грунтов ниже, чем песков малой плотности. Например, для складного якоря ЯС-15 с площадью проекции его на горизонтальную плоскость 0,0687 м<sup>2</sup> она равна 70 ... 90 кН. Для сравнения отметим, что несущая способность такого якоря на песках малой плотности составляет в среднем около 90 ... 100 кН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный транспорт леса: Справочник. – М.: Гослесбумиздат, 1973. – 405 с.
2. Митрофанов А.А. Научное обоснование и разработка экологически безопасного плотового лесосплава. – Архангельск: АГТУ, 1999. – 268 с.
3. Митрофанов А.А., Морозов К.А. Методика расчета анкеров, заглубляемых в грунт // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр. / АГТУ. – Архангельск, 1997. – Вып. 2. – С. 52-58.
4. Митрофанов А.А., Морозов К.А. Экспериментальная проверка расчета несущей способности анкеров и якорей, заглубляемых в грунт // Там же. – С. 59-64.
5. Митрофанов А.А., Суров Г.Я. Плотостоянки. Конструкция, технология, эксплуатация: Учеб. пособие. – Архангельск, 1997. – 113 с.
6. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Высш. шк., 1979. – 272 с.
7. Экспериментальные исследования несущей способности свайных анкеров раскрывающегося типа: Отчет о НИР / АЛТИ; Руководитель А.А. Митрофанов. – № ГР 01.900028475; Инв. № 02.9.10013005. – Архангельск, 1990. – 86 с.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 03.04.2000 г.

*A.A. Mitrofanov*

#### **On Determining the Bearing Capacity of Screw Anchor**

The technique for calculating the bearing capacity of screw anchors is suggested based on the classical theory of the ultimate stress state of soils and confirmed by the results of field observations.

УДК 51-7:625.72:630\*383

***Г.А. Борисов, В.Н. Земляченко, Г.И. Сидоренко***

Борисов Георгий Александрович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Ленинградский политехнический институт, кандидат технических наук, заведующий лабораторией моделирования природно-технических систем отдела МАД КНЦ РАН. Имеет 51 работу в области автоматизированного проектирования лесотранспорта.



Земляченко Виктор Николаевич родился в 1939 г., окончил в 1966 г. Петрозаводский государственный университет, научный сотрудник отдела МАД КНЦ РАН. Имеет 14 работ в области автоматизированного проектирования лесотранспорта.



Сидоренко Геннадий Иванович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Ленинградский политехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела МАД КНЦ РАН. Имеет 9 работ в области автоматизированного проектирования лесотранспорта.



**ОПТИМАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ**

Предложен метод оптимального трассирования лесовозной дороги, основанный на минимизации функционала затрат, связанных со строительством дороги и вывозкой по ней древесины.

лесовозные дороги, трассирование, минимизация затрат.

В настоящей статье рассматривается задача оптимального трассирования, т. е. определения оптимальной трассы для строительства лесовозной дороги. При решении этой задачи должны быть приняты во внимание две группы факторов.

А. Характер зависимости затрат на строительство и транспортировку для проектируемой дороги от условий местности и предполагаемого грузопотока.

В. Форма лесосырьевой базы и распределение по ней древесины; затраты на заготовку и погрузку; строительство вспомогательных дорог для подвозки груза к проектируемой дороге; использование существующих дорог для доставки груза в конечный пункт.

В отношении факторов А принимаем ряд допущений, достаточно реалистичных в условиях равнинной и слабопересеченной местности.

А1. Затраты на строительство дороги пропорциональны ее длине и зависят от категории дороги: чем выше категория, тем больше затраты (при той же длине). Соответствующий коэффициент пропорциональности назовем удельными строительными затратами и обозначим через  $\delta C_i$ , где  $i$  – категория дороги. Значения  $\delta C_i$  должны быть рассчитаны с учетом показателей местности – рельефа, гидрогеологических условий, заболоченности и т. д., как предписывается известными нормативами [5, 6].

А2. Затраты на транспортировку пропорциональны величине перевозимого груза и расстоянию перевозки и зависят от категории дороги: чем они выше, тем меньше относительные затраты (при той же величине перевозимого груза и расстоянии перевозки). Коэффициент пропорциональности для дороги категории  $i$  обозначим через  $\delta T_i$  и назовем удельными транспортными затратами.

При вывозке леса используют дороги следующих категорий (в порядке понижения): магистрали, ветки, усы, волоки (последние для транспортных средств высокой проходимости: тракторов, валочно-трелевочных машин и т. д.).

Из допущений А1 и А2 непосредственно следуют некоторые выводы относительно поведения затрат на строительство и транспортировку в зависимости от трассы дороги и распределения по ней груза.

Пусть трасса проектируемой дороги представлена заданной в явном виде плоской кривой  $f = f(t)$ , где  $a_1 \leq t \leq a_2$ , а «интегральное» распределение вдоль трассы дороги подвезенного к ней груза выражается функцией  $W$  от двух переменных:  $W(\xi, \eta)$  есть суммарная величина груза на отрезке кривой  $f$  в границах  $a_1 \leq \xi \leq \eta \leq a_2$ .

Учитывая, что дифференциал дуги для кривой  $f(t)$  есть  $[1 + (f'(t))^2]^{1/2} dt$ , для дороги  $f(t)$  типа  $i$  из условий А1 и А2 получаем следующие выражения  $JC_i[f(t)]$  и  $JT_i[f(t)]$  суммарных строительных и транспортных затрат:

$$JC_i[f(t)] = \delta C_i \int_{a_1}^{a_2} \sqrt{1 + (f'(\xi))^2} d\xi; \quad JT_i[f(t)] = \delta T_i \int_{a_1}^{a_2} W(\xi, a_2) \sqrt{1 + (f'(\xi))^2} d\xi, \quad (1)$$

Если дорога  $f(t)$  есть прямолинейный отрезок с равномерным распределением груза, то выполняется равенство  $W(\xi, a_2) = a_2 - \xi$ , так что затраты на строительство и транспортировку определяют по формулам

$$JC_i [f(t)] = \delta C_i (a_2 - a_1); JT_i [f(t)] = 1/2 \delta T_i (a_2 - a_1)^2. \quad (2)$$

Для факторов В также принимаем ряд допущений (рис. 1).

В1. Лесосырьевая база есть прямоугольник размером  $a \times b$ , равномерно покрытый лесом.

В2. Затраты на собственно заготовку древесины и погрузку зависят только от площади лесосырьевой базы.

В3. По левой границе базы проходит существующая дорога категории 1 (изображенная жирной линией).

В4. Проектируемая дорога задана в виде плоской кривой  $y(x)$  и имеет категорию 2; груз по ней доставляют в точку примыкания  $s$  к существующей дороге.

В5. Из точки  $s$  груз транспортируют в точку 0; затраты на последующую доставку груза в конечный пункт есть константа, не зависящая от  $y(x)$ .

В6. Подвозку груза к дороге  $y(x)$  осуществляют по вспомогательным дорогам категории 3 (вертикальные отрезки со стрелками).

Общие затраты, связанные со строительством всех необходимых дорог и вывозкой древесины, обозначим через  $J$ , а затраты по категориям дорог – через  $J_3, J_2$  и  $J_1$  (перечисленным в порядке прохождения по ним груза, совпадающем с порядком повышения категорий), полагая  $J = J_3 + J_2 + J_1$ . Для любого  $i = 1, 2, 3$  через  $JC_i$  и  $JT_i$  обозначают строительные и транспортные затраты, причем предполагают, что  $J = JC_3 + JT_3$ .

Для вспомогательных дорог, по которым груз доставляют к проектируемой дороге, должны быть рассмотрены две возможности.

1. Строительные затраты отсутствуют или настолько малы, что их можно считать нулевыми. В этом случае имеет смысл использовать «непрерывную» модель доставки груза к дороге: груз с бесконечно малой площадки транспортируют по вертикальной прямой в ближайшую точку проектируемой дороги  $y(x)$ .

2. Удельные строительные затраты отличны от нуля. В этом случае надо использовать «дискретную» модель доставки груза: имеется только конечное число вертикальных дорог, примыкающих к  $y(x)$ . Все величины, связанные с дискретной моделью, будем обозначать  $J', J' C_3, J' T_3, J' C_2, J' T_2$ .

### Построение функционала затрат

Затраты  $J_3$  и  $J'_3$ . В  $J_3$  необходимо учесть затраты на строительство всех дорог категории 3 и доставку по ним к дороге  $y(x)$  всего груза с территории лесосырьевой базы; соответствующие величины обозначим через  $JC_3$  и  $JT_3$ .

Если эти дороги являются волоками, то можно пренебречь затратами на строительство, поскольку таковые сводятся к заблаговременной заготов-

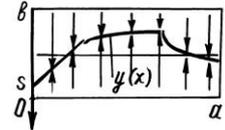


Рис. 1.

ке леса на трассах волоков, т. е. можно принять  $\delta C_3 = 0$ . В этом случае для вычисления транспортных затрат правомерно использовать выражение

$$JC_3 = 0; \quad JT_3 = 1/2 \delta T_3 \int_0^a [y'(x) + (b - y(x))]^2 dx.$$

Если дороги третьей категории представляют собой усы или ветки, то затраты на строительство являются ненулевыми, так что дорог может быть только конечное число. Пусть имеется  $N$  таких дорог и дорога с номером  $i$  проходит по вертикали  $x = x_i$ . Затраты, обозначаемые в данном случае через  $J'C_3$  и  $J'T_3$ , выражаются следующим образом:

$$J'C_3 = \delta C_3 bN; \quad J'T_3 = 1/2 \delta T_3 \sum_{i=1}^N [y'(x_i) + (b - y(x_i))]^2.$$

Затраты  $J_2$  и  $J'_2$ . Если доставка к дороге  $y(x)$  происходит в «непрерывном» варианте, т. е. по дорогам с нулевыми затратами на строительство, то (рис. 2) с учетом того, что «интегральное» распределение груза на  $y(x)$  есть  $W(\xi, a) = b(a - x)$ , из (1) и (2) получаем следующие выражения для строительных и транспортных затрат:

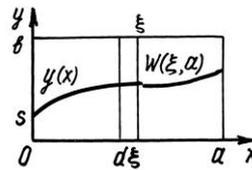


Рис. 2.

$$JC_2 [y(x)] = \delta C_2 \int_0^a \sqrt{1 + (y')^2} dx; \quad JT_2 [y(x)] = \delta T_2 b \int_0^a (a - x) \sqrt{1 + (y')^2} dx.$$

Если доставка к дороге осуществляется в «дискретном» варианте, т. е. по конечному числу дорог  $N$ , то применимы те же, что и в «непрерывном» варианте, формулы для подсчета строительных и транспортных затрат. Различие в том, что функция  $W(\xi, a)$  имеет ступенчатый характер, изменяясь скачком в точках  $\xi = x_i$  примыкания вертикальных дорог категории 3.

Однако в силу допущений А1 и А2 отрезок линии  $y(x)$  между любыми двумя последовательными точками примыкания вертикальных дорог должен теперь быть прямолинейным отрезком. Иначе говоря, кривая  $y(x)$  в этом случае есть ломаная, состоящая из прямолинейных отрезков. Пусть длина отрезка ломаной между последовательными точками примыкания  $(x_i, y(x_i))$  и  $(x_{i+1}, y(x_{i+1}))$  есть  $L_i$  и  $x_0 = 0$ . Тогда затраты, обозначаемые в данном случае через  $J'C_2$  и  $J'T_2$ , выражаются формулами

$$J'C_2 = \delta C_2 \sum_{i=0}^N L_i; \quad J'T_2 = \delta C_2 b \sum_{i=0}^N L_i (a - x_i).$$

Ради краткости отметим, что формула для  $J'T_2$  приведена в несколько упрощенном виде и не учитывает затрат для вертикальной полосы между  $x_0$  и  $x_1$ .

Затраты  $J_1$  и  $J'_1$ . Соответствующая дорога – единственная и представляет собой отрезок существующей дороги от точки  $s$  до начала координат. Затраты на строительство – нулевые (поскольку дорога уже есть), а затраты на транспортировку равны  $\delta T_1 y(0)$  и одинаковы в дискретной и непрерывной моделях.

*Минимизация функционала затрат*

После построения функционала затрат задача оптимального трассирования лесовозной дороги состоит в построении функции  $y^*(x)$ , минимизирующей значение функционалов  $J$  (для непрерывной модели) или  $J'$  (для дискретной модели).

Обычным средством решения этой задачи для непрерывной модели является уравнение Эйлера. Ввиду наличия в функционале члена  $[1 + (y')^2]^{1/2}$  уравнение в данном случае получается нелинейным и, по видимому, трудно решаемым. Учитывая, что точность исходных данных для нашей задачи относительно невелика, как и точность реализации кривой  $y^*(x)$  в виде «настоящей» дороги, произведем линеаризацию указанного члена с тем, чтобы можно было получить достаточно простое уравнение Эйлера:

$$\sqrt{1+(y')^2} \approx 1+1/2 (y')^2.$$

Уравнение Эйлера для упрощенного таким образом функционала имеет вид

$$(A_1 + A_2x) y'' + A_3y' + A_4y = A_5,$$

где  $A_1, \dots, A_5$  – величины, выражающиеся через константы, входящие в функционал.

Решение этого уравнения (при соответствующих граничных условиях) может быть выражено через функции Бесселя и Макдональда [3].

При выполнении решения в дискретной модели нужно минимизировать функционал  $J'$ , рассматривая его как функцию переменных  $x_1, \dots, x_N$ . Соответствующая программа, работающая достаточно эффективно даже на маломощных компьютерах, была создана научным сотрудником Карельского НЦ РАН С.П. Андреевой.

Были проведены численные эксперименты по решению задачи как для непрерывной, так и для дискретной моделей. Установлено, что при типичных условиях уменьшение затрат по сравнению с традиционным вариантом [4] размещения дороги по средней линии составляет 5,20 %; по сравнению с вариантом со смещением от средней линии [1] – 3,26 %.

Предлагаемая методика оптимального трассирования лесовозных дорог защищена авторским свидетельством на изобретение [2]; в качестве прототипа использовалось изобретение [1].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 908980 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 01 С 1/00. Способ трассировки лесовозных дорог / В.А. Горбачевский, В.В. Горбачевский, И.А. Добротворская, Н.Ф. Корнейчук, Б.М. Козловский, А.И. Эпштейн (СССР). – № 2913087/29-33; Заявлено 14.04.80; Опубл. 28.02.82, Бюл. № 8 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. – 1982. – № 8. – С. 124.

2. А.с. 1740519 РФ, МКИ<sup>5</sup> Е 01 С 1/00. Способ трассировки лесовозных дорог / Г.А. Борисов, В.Н. Земляченко, Г.И. Сидоренко (РФ). – № 4160829/63; Заяв-

лено 15.12.86; Оpubл. 15.06.92, Бюл. № 22 // Изобретения. – 1992. – № 22. – С. 98.

3. *Борисов Г.А., Земляченко В.Н., Сидоренко Г.И.* Способ трассирования лесовозных дорог // Методы автоматизированного проектирования транспортных сетей. – Петрозаводск: КарФ АН СССР, 1989.

4. *Ильин Б.А., Кувалдин Б.И.* Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. – М.: Лесн. пром-сть, 1982.

5. Нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели по автомобильному транспорту предприятий лесного хозяйства. – М.: Госкомплексхоз СССР, 1982.

6. Технико-экономические показатели для проектирования лесозаготовительных предприятий. – Л.: Гипролестранс, 1970.

Карельский НЦ РАН

Поступила 10.03.99

*G.A. Borisov, V.N. Zemlyachenko, G.I. Sidorenko*  
**Optimum Designing of the Forest Track**

The method for optimum designing of the forest track layout is suggested, which is based on the minimization of the road building and transportation costs.

---

УДК 625.711.84+625.31

*В. С. Морозов*

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.



### **РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ОСНОВАНИЙ ЗИМНИХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ИЗ МЕРЗЛОГО ТОРФА**

Изложены методика расчета толщины дорожной одежды из мерзлого торфа, результаты расчета и их анализ. Получены аппроксимирующие уравнения по определению минимальной толщины слоя мерзлого торфа для пропуска транспортной техники заданной грузоподъемности на участках дорог по болотам.

зимние дороги, расчет на прочность, мерзлый торф.

Зимние лесовозные дороги широко применяют на лесозаготовках для освоения лесосырьевых баз, расположенных на сырых и заболоченных территориях или на значительном удалении от магистральных дорог. Стоимость их строительства и эксплуатации существенно ниже, чем дорог других типов (гравийные, лежневые, железобетонные и т. д.), что обеспечивает технико-экономическое преимущество зимних сезонных лесовозных дорог и снижает стоимость транспортировки древесины.

Зимние дороги, как правило, строят по упрощенной технологии, прокладывая их по естественной поверхности земли с минимумом земляных работ. Основные сложности возникают при пересечении дорогами водотоков и болот. Это требует применения специальных методов строительства и конструкций, устройство которых обеспечивает нормальную эксплуатацию зимних дорог в течение всего осенне-зимнего и весеннего сезона лесозаготовок.

В настоящей работе изложена методика расчета толщины дорожной одежды из мерзлого торфа и анализ полученных результатов. Материал ее может найти применение не только в лесной промышленности, но и в других отраслях народного хозяйства, деятельность которых связана с транспортным освоением территории Европейского Севера России и Сибири, где в течение длительного периода температуры отрицательны.

Исследованию различных способов расчета и строительства зимних лесовозных дорог на болотах и заболоченных территориях посвящено достаточно много работ [4, 5, 9, 10, 12, 13]. Используемая ниже методика раз-

работана нами в 1990 – 1999 гг. В обобщенном виде она представлена в работах [6, 7].

Расчетная система уравнений (математическая модель) для определения минимально допускаемой толщины слоя мерзлого торфа на болотах имеет вид

$$v = \sqrt{\frac{E_{20}(1-v)^3}{E_{10}(3-v)}}; \quad (1)$$

$$E_3 = E_{10}v^3(4-v) + E_{20}(1-v)^4; \quad (2)$$

$$H_{\min} = \left[ \frac{0,075(1-\mu^2)(1-v)^2 E_{20}P}{[\sigma_2]B(0,3\alpha CE_3)^{0,25}} \right]^{0,8}. \quad (3)$$

Здесь  $v$  – безразмерная расчетная величина,  $v = z_1/H_{\min}$ ;

$z_1$  – расстояние от поверхности дороги до нейтральной плоскости плиты из мерзлого торфа при ее продольном изгибе, см;

$H_{\min}$  – минимальная толщина проезжей части, см;

$E_{10}, E_{20}$  – модули упругости на сжатие и растяжение мерзлого торфа при данной температуре на поверхности проезжей части, МПа;

$E_3$  – эквивалентный (расчетный) модуль упругости, МПа;

$\mu$  – коэффициент Пуассона для мерзлого торфа;

$P$  – давление на поверхность дороги от тележки прицепа-ропуска лесовозного автопоезда (для других транспортных средств – давление от наиболее нагруженной оси), Н;

$[\sigma_2]$  – допускаемое напряжение для мерзлого торфа на прочность при растяжении, МПа;

$B$  – ширина проезжей части (ширина слоя мерзлого торфа), см;

$C$  – коэффициент постели для основания из талого торфа, Н/см<sup>3</sup>;

$\alpha$  – коэффициент поперечного изгиба, вычисляемый по отдельной методике [8];

0,075 и 0,3 – множители для выравнивания размерностей величин в левой и правой частях уравнения (3).

Систему уравнений (1) – (3) можно решить с помощью ЭВМ по следующему алгоритму:

а) задать исходные значения расчетных величин:  $E_{10}, E_{20}, \mu, P, [\sigma_2], B, C, \alpha$ ;

б) используя метод итераций, вычислить значение  $v$  по формуле (1) с точностью  $w = 0,000001$ . Для этого следует задать начальное значение  $z < 1$  (например  $z = 0,5$ ) и затем последовательно в цикле найти новое значение

ние  $v$ . Цикл продолжают до тех пор, пока разность между предыдущим и новым значениями  $v$  не станет меньше  $w$ ;

в) по формуле (2) вычислить значение эквивалентного модуля упругости  $E_3$ ;

г) по методике, приведенной в работе (9), найти коэффициент поперечного изгиба  $\alpha$ ;

д) вычислить значение  $H_{\min}$  по формуле (3) и распечатать его на принтере. Затем задать новое значение  $P$  и повторить расчет с п. «г»).

Переменными величинами в наших расчетах являлись: сила  $P$  (в диапазоне от 40 до 300 кН с шагом 20 кН); ширина проезжей части дороги  $B$  (в диапазоне от 300 до 900 см с шагом 200 см); коэффициент постели  $C$ , зависящий от типа болота (1, 3 или 5 Н/см<sup>3</sup>); температура мерзлого торфа на поверхности проезжей части  $\Theta$  (-1, -5 и -10 °С).

Модули упругости  $E_{10}$ ,  $E_{20}$  и предел прочности на растяжение мерзлого торфа зависят от температуры  $\Theta$ . Их значения приведены в работе [6].

В качестве примера в табл. 1 даны результаты расчета  $H_{\min}$  при  $P = 160$  кН.

Аналогичные результаты получены для других значений силы  $P$  при изменении ее в рассматриваемом диапазоне.

Таблица 1

Тип болота	$C$ , Н/см <sup>3</sup>	$B$ , см	$H_{\min}$ , см, при $\theta$ , °С		
			-1	-5	-10
I	5	300	30,6	30,8	27,4
		500	21,8	21,9	19,6
		700	17,1	17,2	15,3
		900	14,4	14,4	12,8
II	3	300	38,8	34,8	33,8
		500	25,4	27,3	24,0
		700	21,1	21,7	19,0
		900	18,2	18,1	15,9
III	1	300	48,7	47,2	41,6
		500	34,2	33,8	29,7
		700	27,1	26,7	23,7
		900	22,7	22,5	19,8

Данные табл. 1 позволяют сделать следующие выводы.

1. Толщина дороги  $H_{\min}$  обратно пропорциональна ее ширине  $B$ . График этой зависимости приведен на рис. 1, а. Он близок к гиперболическому. Наименее прочной является дорога шириной 300 см, наиболее – шириной 900 см. Такая закономерность наблюдается в диапазоне изменения  $B$  от 300 см до 900 см.

При  $B > 900$  см она может изменяться, но в принципе чем шире слой мерзлого торфа, тем дорога прочнее (до определенных пределов).

Обычно зимние дороги имеют ширину 500 ... 700 см. Данные расчета показывают, что для увеличения прочности дорожной одежды ширину дорожной полосы, расчищаемой от снега, целесообразно делать как можно больше.

2. С возрастанием отрицательной температуры прочность дороги увеличивается. Однако в диапазоне изменения температуры от  $-1$  до  $-10$  °С при прочих равных условиях такое увеличение (рис.1, б) менее существенно, чем при увеличении ширины дороги  $B$ .

3. На прочность зимних дорог влияет тип болота. График, приведенный на рис.1, в, показывает, что наиболее прочными являются зимние дороги на болотах I типа ( $C = 5$  Н/см<sup>3</sup>). Для дорог на болотах II и III типов ( $C$  равен соответственно 3 и 1 Н/см<sup>3</sup>) прочность мерзлого слоя торфа снижается, а минимальная толщина увеличивается. Если вычисленное значение  $H_{\min}$  окажется меньше фактической толщины слоя мерзлого торфа  $H_{\phi}$ , то придется рассмотреть способы усиления дорожной одежды за счет устройства на болотах II и III типов деревянного настила или грунтовой насыпи на слое мерзлого торфа.

4. С возрастанием внешней нагрузки  $P$  (рис.1, г) для ее пропуска требуется увеличить толщину слоя мерзлого торфа  $H_{\min}$ .

Зависимость  $H(P)$  близка к линейной, и ее можно аппроксимировать уравнением

$$H_{\min} = a_0 + a_1 P. \quad (4)$$

Уравнение (4) не вполне соответствует реальному физическому процессу. По (4) при  $P = 0$  имеем  $H_{\min} = a_0$ , в то же время для  $P = 0$  должно быть  $H_{\min} = 0$ . Это противоречие объясняется тем, что в действительности зависимость  $H_{\min}(P)$  близка к параболической.

Такое уточнение представляет в основном теоретический интерес, так как в диапазоне  $40 \leq P \leq 300$  кН линейное приближение (4) дает небольшую погрешность.

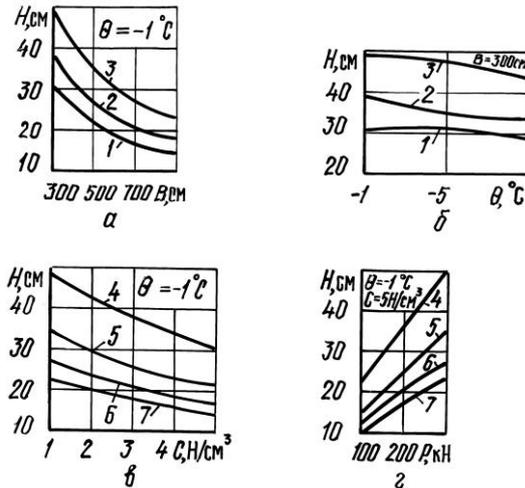


Рис. 1. Расчетные зависимости: а –  $H(B)$ ; б –  $H(\theta)$ ; в –  $H(C)$ ; г –  $H(P)$ ; 1, 2, 3 – тип болота I, II, III; 4 – 7 –  $B$  равно соответственно 300, 500, 700 и 900 см

Коэффициенты линейного приближения уравнения (4), найденные по программе в работе [2], для различных вариантов массива расчетных данных приведены в табл. 2. Использование их позволит избежать трудоемкого расчета на ЭВМ и более удобно для решения практических задач, обеспечивая одинаковую точность расчета.

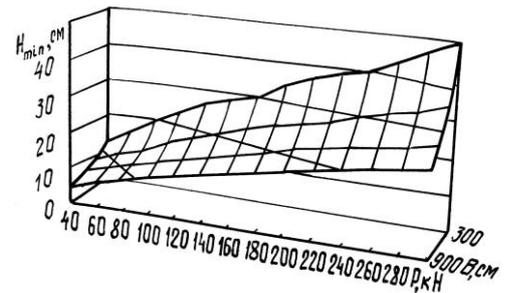
Для определения  $H_{\min}$  с помощью уравнения (4) и данных табл. 2 необходимо задать  $B$ ,  $C$  и  $\Theta$ . Сама процедура вычислений необременительна и легко позволяет найти значения  $H_{\min}$  для конкретного типа внешней нагрузки на полотно зимней дороги.

Таблица 2

Тип болота	$C$ , Н/см <sup>3</sup>	$B$ , см	$a_0$ при $\theta$ , °С			$a_1$ при $\theta$ , °С		
			-1	-5	-10	-1	-5	-10
I	5	300	7,9087	7,6096	7,1768	0,1419	0,1448	0,1261
		500	5,4465	5,4290	5,0104	0,1021	0,1031	0,0911
		700	4,1735	4,5266	3,8731	0,0810	0,0791	0,0714
		900	3,1630	3,5391	2,8583	0,0700	0,0680	0,0620
II	3	300	7,7201	7,5336	6,9972	0,1941	0,1935	0,1673
		500	4,8799	5,8327	4,7187	0,1282	0,1343	0,1207
		700	3,2499	4,3203	3,8306	0,1117	0,1084	0,0945
		900	3,8199	3,7230	3,4099	0,0901	0,0900	0,0780
III	1	300	9,4701	10,5029	7,5959	0,2450	0,2294	0,2128
		500	7,2949	7,2577	6,4067	0,1679	0,1662	0,1456
		700	5,7747	5,3278	4,7880	0,1331	0,1336	0,1181
		900	4,6212	4,5802	4,2512	0,1133	0,1122	0,0973

4 «Лесной журнал» № 2

Рис. 2. Зависимость минимальной толщины слоя мерзлого торфа  $H_{\min}$  от внешней нагрузки  $P$  и ширины дороги  $B$  при  $C = 5$  Н/см<sup>3</sup> и  $\Theta = -1^\circ\text{C}$



Можно также использовать другой способ аппроксимации массива расчетных данных. В общем случае величина  $H_{\min}$  является функцией четырех независимых переменных:  $P$ ,  $B$ ,  $\Theta$  и  $C$ , т. е.

$$H_{\min} = H(P, B, \Theta, C). \quad (5)$$

Зависимость  $H_{\min}$  от какого-либо одного фактора изображается линией (см. рис. 1), от двух факторов ее можно представить в виде поверхности (рис. 2), от трех и более построить графически невозможно.

Для изучения такой зависимости удобно использовать теорию многофакторного анализа, наподобие приведенной в работе [3].

В результате применения линейного уравнения множественной регрессии для трех независимых переменных при  $B = \text{const}$  с помощью программы Н. Н. Буторина [1] нами получены следующие зависимости:

при  $B = 300$  см

$$H_{\min} = 23,6 + 0,182P - 4,29C + 0,550\Theta;$$

при  $B = 500$  см

$$H_{\min} = 16,4 + 0,128P - 3,02C + 0,486\Theta; \quad (6)$$

при  $B = 700$  см

$$H_{\min} = 13,3 + 0,102P - 2,43C + 0,299\Theta;$$

при  $B = 900$  см

$$H_{\min} = 11,3 + 0,087P - 2,09C + 0,278\Theta.$$

В эти формулы входят следующие величины:  $H_{\min}$  – минимальная толщина слоя мерзлого торфа, см;  $P$  – внешняя нагрузка, кН;  $C$  – коэффициент постели, Н/см<sup>3</sup>;  $\Theta$  – температура на поверхности проезжей части дороги (температура воздуха), °С.

Качество аппроксимации оценивали с помощью коэффициентов множественной ( $R$ ) и частной ( $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ ) корреляций. Их значения приведены в табл. 3.

Таблица 3

$B$ , см	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$
300	0,973	0,967	0,875	0,464
500	0,977	0,972	0,894	0,393
700	0,980	0,975	0,905	0,510
900	0,980	0,975	0,913	0,552

Примечание.  $R_1$  – корреляция  $H_{\min}$  от  $P$ ;  $R_2$  – от  $C$ ;  $R_3$  – от  $\theta$ .

Значения коэффициента  $R_3$  показывают, что в рассматриваемом диапазоне температура  $\Theta$  слабо связана с толщиной слоя мерзлого торфа. Тенденция к повышению прочности этого слоя при уменьшении  $\Theta$  является не очень существенной. Можно предположить, что здесь влияет не только температура, но и продолжительность времени ее действия.

Входящие в систему уравнений (6) коэффициенты связаны с шириной дороги  $B$  примерно гиперболически. Поэтому в каждом из этих уравнений, полученных методом линейной множественной корреляции, значения  $B$  принимают постоянными. Однако, аппроксимируя эти коэффициенты уравнением гиперболы вида  $b = b_0 + b_1/x$  по методу наименьших квадратов [12], найдем их зависимость от  $B$ , что позволит вместо четырех уравнений системы (6) записать только одно уравнение множественной регрессии

$$H_{\min} = 5,341 + \frac{5491,635}{B} + \left(0,04107 + \frac{42,5162}{B}\right)P + \left(1,0173 + \frac{985,7475}{B}\right)C + \left(0,1536 + \frac{126,824}{B}\right)\Theta$$

или

$$H_{\min} = 5,341 + 0,04107P + 1,0173C + 0,1536\Theta + \frac{1}{B} (491,635 + 42,5196P + 985,74C + 126,824\Theta) \quad (7)$$

Уравнение (7) можно теперь назвать уравнением множественной нелинейной регрессии и использовать его для вычисления  $H_{\min}$  практически в любых условиях, которые могут встретиться в природных условиях.

При оценке требуемой толщины слоя мерзлого торфа на болоте для пропуска заданного транспортного средства возможно вместо системы уравнений (1)–(3) использовать аппроксимирующие формулы (4), (6) или (7), что существенно облегчает процедуру вычислений при несущественных расхождениях в результатах расчета. Это видно из данных табл. 4.

Таблица 4

Тип болота	С, Н/см <sup>3</sup>	В, см	Минимальная толщина слоя мерзлого торфа, см, при $\theta$ , °С								
			-1			-5			-10		
			H	H <sub>4</sub>	H <sub>6</sub>	H	H <sub>4</sub>	H <sub>6</sub>	H	H <sub>4</sub>	H <sub>6</sub>
I	5	300	30,6	30,6	30,7	30,8	30,8	28,5	27,4	27,4	25,8
		500	21,8	21,8	21,5	21,9	21,9	20,4	19,6	19,6	18,9
		700	17,1	17,1	17,2	17,2	17,2	16,0	15,3	15,3	14,5
		900	14,4	14,4	14,5	14,4	14,4	13,4	12,8	12,8	12,0
II	3	300	28,8	28,8	39,3	34,8	34,8	37,1	33,8	33,8	34,4
		500	25,4	25,4	27,5	27,3	27,3	26,4	24,0	24,0	25,0
		700	21,1	21,1	22,0	21,7	21,7	20,8	19,0	19,0	19,3
		900	18,2	18,2	18,7	18,1	18,1	17,6	15,9	15,9	16,2
III	1	300	48,7	48,7	47,9	47,2	47,2	45,7	41,6	41,6	42,9
		500	34,2	34,2	33,6	33,8	33,8	32,4	29,7	29,7	31,0
		700	27,1	27,1	26,9	26,7	26,7	25,7	23,7	23,7	24,2
		900	22,7	22,7	22,8	22,5	22,5	21,7	19,8	19,8	20,4

Значения  $H_{\min}$  в табл. 4 приведены при одной и той же  $P = 160$  кН, но различных значениях С,  $\Theta$  и В. Условия вычислений обозначены буквами: H – на ЭВМ; H<sub>4</sub> – по уравнению (4); H<sub>6</sub> – по уравнениям системы (6). Как видим, результаты расчетов весьма близки.

В целом расчетные значения  $H_{\min}$  совпадают с экспериментальными [11]. Однако предложенная расчетная модель не совсем совпадает с физической из-за погрешностей в экспериментальном определении модулей упругости мерзлого торфа на сжатие и растяжение и предела прочности, а также из-за того, что массив мерзлого торфа болота не является однородным.

Для учета неточности исходных данных и приближения значения  $H_{\min}$  к фактическим  $H_{\phi}$  необходимо расчетное значение толщины умножить на коэффициент запаса прочности  $\eta = 1,1$ :

$$H_{\phi} = \eta H_{\min} \quad (8)$$

и результат расчета округлить до целых сантиметров.

Материалы, представленные в статье, позволяют сделать следующие выводы.

Предложена методика решения задачи по расчету толщины слоя мерзлого торфа на болотах, обеспечивающей безопасный пропуск заданной автомобильной нагрузки. Эта методика основана на использовании математической модели в виде системы расчетных уравнений и программы для их решения на ЭВМ.

На основании результатов расчета однослойные зимние автомобильные дороги рекомендуется устраивать на переходах через болота I и частично II типов. Для продления срока эксплуатации следует устраивать дороги из двух, трех и более слоев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Буторин Н. Н.* Программа для анализа экспериментальных зависимостей. – Архангельск, 1995. – 3 с. – (Информ. листок / ЦНТИ).
2. *Дьяконов В. П.* Справочник по расчетам на микрокалькуляторах. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-матем. лит.-ры, 1985. – 244 с.
3. *Езекиэл М., Фокс К. А.* Методы анализа корреляций и регрессий линейных и криволинейных. – М.: Статистика, 1966. – 558 с.
4. *Каган Г. Л.* Определение прочностных характеристик мерзлого торфа с учетом скоростного режима деформирования // Проблемы нефти и газа Тюмени. – 1971. – № 1. – С. 70-80.
5. *Калашиников А. П.* Лесовозные автомобильные дороги из материалов сезонного промерзания. – Петрозаводск: Карелия, 1983. – 88 с.
6. *Морозов В.С.* Обоснование и разработка оптимальных конструкций и технологии строительства зимних лесовозных дорог на болотах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 1992. – 20 с.
7. *Морозов В. С.* Расчет и проектирование оснований зимних дорог на болотах: Учеб. пособие. – Архангельск: АГТУ, 1999. – 236 с.
8. *Морозов В.С.* Расчет коэффициента поперечного изгиба для оснований зимних дорог на болотах // Лесн. журн. – 2000. – № 5-6. – С. 108-112. – (Изв. высш. учеб. заведений).
9. *Морозов С.И.* и др. Зимние дороги в лесной промышленности / С. И. Морозов, Ф. А. Павлов, Л. Н. Плакса, Э. Н. Савельев. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 168 с.
10. *Павлов Ф. А.* Покрытия лесных дорог. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 176 с.
11. Строительство промысловых сооружений на мерзлом торфе / С. С. Вялов, Г. Л. Каган, А. Н. Воевода, В. И. Муравленко. – М.: Недра, 1980. – 144 с.
12. *Уваров Б. В., Щелкунов В. В.* Расчет на прочность оснований зимних дорог на болотах // Лесн. журн. – 1982. – № 6. – С. 49-55. – (Изв. высш. учеб. заведений).
13. *Яковенко Ю. Г.* Разработка конструкций зимних лесовозных дорог с продленным сроком действия и обоснование сроков продления для условий Северо-

---

Запада европейской территории России: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Химки, 1987. – 22 с.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 21.01.2000 г.

*V.S. Morozov*

**Calculation of Foundation Strength of Winter Wood  
Tracks Constructed of Frozen Peat**

The technique of calculating the thickness of the roadbed constructed from frozen peat is presented as well as the results of such technique and their analysis. The approximate equations are obtained for determining the minimum thickness of the frozen peat layer for the vehicles' given load capacity on the road areas down the swamps.

---

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.048.3

*Р.Н. Галиахметов, Ю.А. Варфоломеев*

Галиахметов Раил Нигаматьянович окончил в 1979 г. Башкирский государственный университет, кандидат химических наук, директор Башкирского научно-исследовательского и проектного института стройматериалов. Имеет 7 патентов на изобретения и более 60 научных трудов в области снижения экологической опасности производств химических биологически активных препаратов.



## СОЗДАНИЕ АНТИСЕПТИКОВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ МЕХАНИЗМА ИХ ДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Обосновано применение в препаратах для обработки древесины ингредиентов с поверхностно-активными свойствами, которые избирательно концентрируются на поверхности живой клетки, создают пороговую концентрацию биоактивного соединения, что позволяет снизить содержание антисептиков в рабочих растворах.

антисептики, обработка древесины, действие на плесневые, деревоокрашивающие и дереворазрушающие грибы.

Древесина подвержена поражению плесневыми, деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами, а также насекомыми. Плесневые и деревоокрашивающие грибы обычно развиваются при температуре не ниже +5 °С и влажности древесины выше 22 ... 24 %. Они не разрушают целлюлозу, но значительно ухудшают товарный вид лесопроductии и повышают кислотность, создавая тем самым благоприятные условия для поселения и развития более опасных дереворазрушающих грибов, питающихся целлюлозой, что приводит к деструкции древесины [4].

Для защиты от первичных плесневых и деревоокрашивающих грибов широко применяют антисептирование сырых пиломатериалов. Для этого с 30-х годов прошлого века во всем мире широко использовали токсичный пентахлорфенолят натрия (ПХФН) [7]. В нашей стране этот препарат в виде водных растворов находил безальтернативное применение до конца 80-х годов. При этом 10 ... 30 % ПХФН терялось при обтекании пакетов антисептированных пиломатериалов, испарении, чистке и опорожнении ванн на зимний период и др. [3].

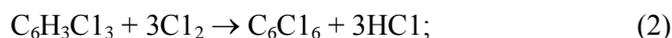
На Чапаевском заводе химических удобрений (ЗХУ) ПХФН является продуктом утилизации отходов, получаемых при изготовлении гексахлорциклогексана (ГХЦГ) с товарным названием линдан (гамма-изомер ГХЦГ). При производстве 1 т линдана образуется до 10 ... 12 т его менее токсичных изомеров.

До 1981 г. на Чапаевском ЗХУ действовала следующая схема [10]: ГХЦГ – трихлорбензол (ТХБ) – гексахлорбензол (ГХБ) – пентахлорфенол (ПХФ) – ПХФН.

Дегидрохлорированием ГХЦГ получали ТХБ:



хлорированием ТХБ – ГХБ:



щелочным гидролизом ГХБ – ПХФ:

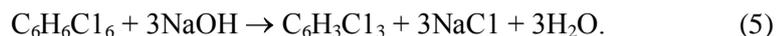


взаимодействием ПХФ со щелочью – ПХФН:



Продукт отфильтровывали и сушили.

Термический способ получения ТХБ из ГХЦГ (реакция (1)) основан на неустойчивости ГХЦГ при температуре 300 ... 500 °С [1]. При разгерметизации оборудования происходило окисление хлорфенолов кислородом воздуха с образованием сверхтоксичных диоксинов. В связи с экологической опасностью термический способ был заменен на дегидрохлорирование водным раствором едкого натра:



На ЗХУ использовали устаревшие технологии и оборудование, не позволяющие обеспечивать четкий контроль базовых параметров производственного процесса (температура, соотношение реагентов), что являлось основной причиной сильной загрязненности целевого продукта побочными, нежелательными примесями, в том числе и высокотоксичными диоксинами [11].

В процессе производства на заводе образовалось большое количество отходов в виде сточных вод и загрязненной соляной кислоты. Отходы без полного обезвреживания собирали в шламонакопителе (резервуар с земляной обваловкой), расположенном на промплощадке ЗХУ. В период половодья 1987 г. в результате аварии была загрязнена опасными токсикантами р. Чапаевка, что нанесло экологический ущерб всему региону. Встал вопрос о закрытии производства ПХФН на Чапаевском ЗХУ.

Однако было решено продолжить выпуск этого продукта для антисептирования сырых пиломатериалов в виде порошкообразной смеси ПХФН с кальцинированной содой (соотношение компонентов 2 : 3). Ориентираться

на эту перспективу, Чапаевский завод освоил производство ПХФН в виде 5 %-го водного раствора без фильтрационного выделения из реакционной массы кристаллизованного целевого продукта. При этом на лесозэкспортные предприятия страны стало попадать большое количество высокотоксичных хлорфенолов и диоксинов [8, 13], которые по обычной технологии оставались в фильтрате и собирались в шламонакопителе.

В связи с тем, что процессы хлорирования фенолов и их производных, как правило, сопровождаются образованием диоксинов [11], было принято окончательное решение о полном прекращении выпуска ПХФН на Чапаевском ЗХУ.

Цель исследований – разработать теоретические основы составления рецептур бесхлорфенольных антисептиков на основе химического сырья, выпускаемого отечественной промышленностью, с учетом специфики воздействия в водной среде их биологически активных ингредиентов на процессы жизнедеятельности живых клеток.

Отечественные бесхлорфенольные антисептики взамен традиционного ПФХН разрабатывали на основе минимизации применения токсичных ингредиентов. При этом учитывали, что действие хлорфенолов и многих других токсинов направлено на подавление процессов внутри клеток [2]. Однако большинство жизненно важных биохимических процессов (ферментативный синтез, протеолиз, лактонизация кислот и т. п.) протекают на поверхности живых клеток. Оболочка блокирует поступление токсичных ингредиентов в клетки. Это замедляет процесс подавления грибов, поражающих древесину. Известно [9], что все нерастворимые пленки, в том числе и клеточные оболочки, несут электрические заряды, играющие существенную роль в поверхностных химических реакциях [12]. Следовательно, интенсивность протекания различных биохимических реакций можно целенаправленно регулировать за счет изменения величины и знака электрического потенциала пленки, например, варьируя рН среды. При изменении потенциала или знака заряда на пленке действие ОН-ионов направлено на снижение скорости обмена веществ между клеткой и питательной средой. Имеются сведения о влиянии рН среды на общее развитие грибов, а также на эффективность действия антисептиков, содержащих ортофенилфенолят натрия [4].

Наиболее приемлемым ингредиентом для регулирования рН рабочих вводимых растворов антисептиков является кальцинированная сода. Она обладает низкой токсичностью по отношению к теплокровным животным, хорошо ингибирует рост простейших биологических объектов.

Необходимо учитывать, что водный раствор соды с определенным рН только ингибирует рост грибов, но не подавляет его полностью. Применение более сильных оснований, например каустической соды, может привести к гидролизу целлюлозы с образованием полисахаридов и разрушению поверхности древесины. Поэтому оптимальным решением при создании антисептиков пониженной экологической опасности является использование кальцинированной соды в качестве ингредиента.

Другая составляющая антисептиков – химические соединения, которые избирательно концентрируются на поверхности живых клеток и создают высокие поверхностные концентрации. К ним относятся поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые приводят к возникновению на поверхности пленки пороговой концентрации биоактивного соединения. Это обусловлено тем, что любая система стремится к минимизации энергии, а молекулам ПАВ с поверхностно-активными свойствами энергетически наиболее выгодно находиться именно на поверхности оболочки. К ПАВ относятся, например, соединения четвертичного аммония или фосфония, соли синтетических жирных кислот, органические фосфаты и т. д. При оральном поступлении в организм теплокровных, в том числе и людей, химические соединения, обладающие свойствами ПАВ, будут частично выводиться за счет их хорошей адсорбции на составляющих пищевого рациона, например на выводимой клетчатке целлюлозы.

На основании теоретических предпосылок для разработки рецептур антисептиков был создан препарат ЭОК, содержащий натриевые соли синтетических жирных кислот и другие компоненты, обеспечивающие ему требуемые эксплуатационные свойства [4]. Этот препарат выпускается серийно отечественной промышленностью и широко применяется на лесозэкспортных предприятиях страны.

Четвертичным соединениям аммония, обладающим гидрофильно-гидрофобными свойствами, характерны как свойства ПАВ, так и способность межфазного переноса. Их целесообразно использовать в средствах химической защиты древесины еще и потому, что они не только поражают живые клетки грибов, разрушающих древесину, но и выполняют роль агентов межфазного переноса других токсинов внутрь клеток. Интенсификация этого процесса ускоряет гибель грибов. Использование таких веществ в рецептуре антисептиков позволяет реализовать эффект синергизма и значительно сократить количество токсичных компонентов общего действия. С учетом этого был разработан антисептик Катан, в состав которого входят соединения четвертичного аммония [4].

Роль агента межфазного переноса в четвертичном соединении аммония играет третичный аммониевый ион:



где R – H, алкил, алкенил, арил и т.п.;

RX – любое вещество, образующее с амином четвертичное соединение.

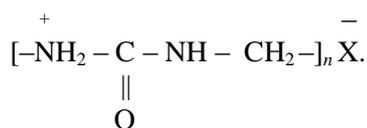
В качестве веществ, способных выполнять роль агента межфазного переноса, можно использовать не только четвертичные соединения аммония, но и ряд других межфазных катализаторов, применяемых в промышленности. Однако при этом необходимо учитывать специфику явлений, происходящих на поверхности раздела клетки и жидкой среды. Внедрив в состав молекулы соединений четвертичного аммония химические группы с заранее известными токсичными свойствами (в качестве анионной состав-

ляющей), можно синтезировать более токсичные соединения, обладающие требуемыми эксплуатационными свойствами.

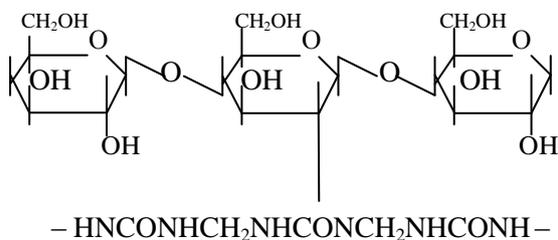
При взаимодействии органического амина с фтористоводородной кислотой получено четвертичное соединение, которое по токсичным свойствам превосходит исходные компоненты. Оно обладает свойствами ПАВ, а третичный аммониевый ион обеспечивает перенос внутрь клеток фтор-ионов и других анионов, подавляющих функции жизнедеятельности. По полученным результатам лабораторных исследований ведется корректировка рецептуры для придания препарату свойств, предъявляемых к средствам химической защиты древесины в климатических условиях всех основных лесных регионов нашей страны.

С точки зрения экологической безопасности весьма перспективным подходом к созданию новых антисептиков является моделирование природных веществ, обладающих ярко выраженным воздействием на биологические объекты. К таким веществам можно отнести, например, соединения хитинового ряда. По своей химической структуре они напоминают целлюлозу, где одна OH-группа заменена на NH=COR. Такие вещества можно получить путем синтеза целлюлозы и производных карбамида [5, 6]. Квантово-химические расчеты показали возможность синтеза таких соединений. По ряду показателей теоретические результаты уже подтверждены экспериментально.

В настоящее время проводятся исследования препарата для защиты древесины, компоненты которого вступают в химическую реакцию с образованием четвертичных аммониевых соединений, проявляющих устойчивое поражающее воздействие на плесневые, деревоокрашивающие и дереворазрушающие грибы. Общая формула соединений на основе мочевиноформальдегидной смолы имеет следующий вид:



При обработке древесины этим препаратом происходит взаимодействие его компонентов с целлюлозой и другими составляющими древесины, что препятствует его вымыванию. Фрагмент целлюлозы, модифицированный предлагаемым препаратом, можно представить как



При высыхании препарата на поверхности древесины образуется слой модифицированного материала. Он обладает биологической активно-

стью, гидрофобными свойствами, снижает интенсивность миграции влаги в древесину, усиливает фиксацию на древесине биоактивных составляющих. Благодаря его использованию упрочняется поверхностный слой, в результате чего снижается образование трещин при усушке древесины в процессе эксплуатации.

#### *Выводы*

1. Основываясь на теории двойного электрического слоя, который возникает на поверхности оболочек клеток, можно значительно снизить скорость обменных процессов и ингибировать рост грибов, регулируя поверхностный потенциал. Это уменьшает концентрацию токсичных ингредиентов в препарате и позволяет использовать для антисептиков менее токсичные соединения.

2. Препараты, имеющие в своем составе ингредиенты с поверхностно-активными свойствами, избирательно концентрируясь на поверхности живой клетки, создают пороговую концентрацию биоактивного соединения, что позволяет значительно снизить содержание антисептиков в рабочих растворах.

3. Путем синтеза целлюлозы и производных карбамида можно моделировать такие природные вещества, как соединения хитинового ряда, обладающие выраженной устойчивостью к воздействию биологических объектов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безобразов Ю.Н., Молчанов А.В., Гар К.А.* Гексахлор, его свойства, получение и применение. – М.: Госхимиздат, 1958. – 316 с.
2. *Варфоломеев Ю.А., Костина Е.Г.* Влияние активных ингредиентов антисептиков на метаболизм и структуру клеток // Лесн. журн. – 1993. – № 1. – С. 82–84. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Варфоломеев Ю.А., Лебедева Л.К., Клобукова Н.Н.* Защита лесопродукции от биопоражения при хранении на складах // Совершенствование технологии подготовки сырья к раскрою: Науч. тр. / ЦНИИМОД. – Архангельск, 1988. – С. 109–125.
4. *Варфоломеев Ю.А.* Обеспечение долговечности изделий из древесины. – М.: Ассоль, 1992. – 288 с.
5. *Галиахметов Р.Н., Варфоломеев Ю.А.* Новые антисептики, обеспечивающие долговечность изделий из древесины // Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века: Науч. тр. / БГТАСМ. – Белгород, 2000. – С. 85–86.
6. *Галиахметов Р.Н.* Пленкообразующий антисептик для древесины // Реконструкция и ремонт зданий и сооружений в климатических условиях Севера: Науч. тр. / АГТУ. – Архангельск, 1999. – С. 115–117.
7. *Горшин С.Н., Крапивина И.Г.* Антисептирование пиломатериалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 64 с.

8. Загрязнение хлорорганическими соединениями на участках антисептирования / Ю.А. Варфоломеев, Н.А. Курбатова, Г.Г. Воробьева и др. // *Деревообработ. пром-сть.* – 1993. – № 5. – С. 14–16.
9. *Иерусалимский Н.Д.* Основы физиологии микробов. – М.: Наука, 1967. – 210 с.
10. *Муганлинский Ф.Ф., Трегер Ю.А., Люшин М.М.* Химия и технология галогенорганических соединений. – М.: Химия, 1991. – 272 с.
11. *Федоров Л.А.* Диоксины как экологическая опасность: Ретроспектива и перспективы. – М.: Наука, 1993. – 284 с.
12. *Фридрихсберг Д.А.* Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1974. – 352 с.
13. Экологические последствия применения пентахлорфенолята натрия на деревообрабатывающих предприятиях Архангельской области / А.Ф. Троянская, Д.П. Мосеева, Н.А. Рубцова и др. // *Диоксины – супертоксиканты XXI века.* – М., 1998. – С. 1–9.

Баш НИПИСтроМ, Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 07.02.01

*R. N. Galiakhmetov, Yu.A. Varfolomeev*

### **Generation of Wood Treatment Antiseptics Based on their Effect on Biological Objects**

The substantiation is given to the use of wood treatment antiseptic ingredients with surface-active properties that selectively concentrate on the surface of the living cell and form there a threshold concentration limit of the bioactive compound allowing to reduce the antiseptic concentration in the operating solution.

---

УДК 719:72+694.1+624.011+691.11

***В.И. Мелехов, Л.Г. Шаповалова***

Мелехов Владимир Иванович родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой древесиноведения и тепловой обработки древесины Архангельского государственного технического университета, академик РАЕН, действительный член Академии проблем качества РФ. Имеет более 200 работ по проблемам древесиноведения, технологии обработки древесины, ресурсосбережения и рационального использования древесины.



Шаповалова Любовь Геннадьевна родилась в 1961 г., окончила в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, ассистент кафедры инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 научных статей в области длительной сохранности деревянных конструкций и сооружений, в том числе памятников архитектуры.



### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БРЕВЕН С НАКЛОНОМ ВОЛОКОН В ДЕРЕВЯННЫХ ПОСТРОЙКАХ РУССКОГО СЕВЕРА**

Установлено, что при возведении деревянных построек XVI – XVII вв. в целях их сохранности использовали бревна со спиралеобразным расположением волокон, которые имели большую прочность и биостойкость, меньшее растрескивание в процессе эксплуатации.

Русский Север, деревянные постройки, бревна, спиралеобразное расположение волокон.

Отклонение растений от геометрически правильной формы встречается в природе не только в растущем дереве. Признаки нарушения зеркальной симметрии элементов, например побегов, семян, шишек, присущи всем древесным растениям. Установлено, что левые формы развития элементов являются господствующими в природе и составляют у разных видов растений около 90 %, правые формы – менее 5 %, в остальных случаях это не явно выражено [1, 5, 6]. Исследований диссимметрии наклона древесных волокон не проводили.

Явление спиралеобразного расположения волокон в растущем дереве (ориентированный наклон волокон, иногда упрощенно называемый косо-слоем) широко распространено. В настоящее время научно обоснованная терминология этого явления отсутствует, поэтому воспользуемся термином «спиралеобразное расположение волокон». В окоренных бревнах это можно обнаружить по спиралеобразным трещинам усушки на их боковой поверх-

ности, в растущем дереве наклон волокон заметен по трещинам на коре. Различают левое (против солнца или против часовой стрелки) и правое (по солнцу или по часовой стрелке) направление наклона волокон. Левое направление, в основном, присуще заболони, в ядровой части наклон волокон, как правило, незначительный. При правом направлении наклона спиралеобразность волокон глубокая, иногда доходит до сердцевины ствола.

Принято считать, что угол наклона волокон и направление их закручивания обусловлено как наследственным фактором, так и условиями произрастания [7]. Недостаток влаги и каменистость почвы, ветровые нагрузки, чрезмерно развитая поверхностная корневая система способствуют формированию древесины со спиралеобразным расположением волокон. В лесном массиве эта особенность строения встречается чаще у господствующих деревьев, чем у угнетенных. Отмечено спиралеобразное направление волокон также у отдельно растущих деревьев.

Для сосновых бревен, используемых в строительстве, направление наклона волокон, особенно левое, считается позитивным качеством. На Европейском Севере еловые бревна со спиралеобразным расположением волокон в строительстве ранее старались не использовать. Например, в Швеции бревна с правым расположением волокон для строительства не применяли вообще, так как полагали, что эти бревна в стене сооружения испытывают напряжения кручения, способствующие ослаблению врубок и соединений [8].

В срубных сооружениях бревна и брусья подвержены в основном сжатию поперек волокон (венцы сруба) и изгибу (окладной венец, перемышки, балки перекрытий и балки-опоры вертикальных элементов), отдельные элементы – растяжению (балки-связи) и сжатию вдоль волокон (стойки). Наиболее ответственная часть конструкций (с точки зрения возможности возникновения повреждений под нагрузкой и быстрого их развития) – растянутая зона изгибаемых элементов.

В эксплуатируемых деревянных конструкциях даже при отсутствии явно выраженного наклона волокон в элементах почти всегда образуется угол между волокнами древесины и направлением усилия от нагрузки. Это вызывает неравномерные нормальные и касательные напряжения в разных участках конструкций.

При современных технологиях производства пиломатериалов неизбежно происходит перерезание волокон древесины, что приводит к нарушению продольных связей между ними. Наклон волокон существенно снижает прочность пиломатериалов и поэтому строго регламентирован действующими стандартами.

Как показали исследования [2], наибольшее снижение прочности наблюдается при растяжении таких пиломатериалов вдоль волокон, особенно при приближении угла наклона к  $12^\circ$ . По мере увеличения угла наклона волокон возрастают касательные напряжения, т.е. усиливается влияние скалывания, что приводит к снижению прочности растянутого элемента или его быстрому разрушению. Меньшее снижение прочности отмечено при стати-

ческом изгибе и сжатии вдоль волокон. С увеличением наклона волокон существенно снижается также модуль упругости, особенно, при сжатии вдоль волокон [2].

Прочность древесины со спиралеобразным расположением волокон исследовали на стандартных образцах или пиломатериалах. Опыты по определению влияния наклона волокон на прочность круглых сортиментов (бревен) отсутствуют. В элементах строительных конструкций из круглых сортиментов со спиралеобразным расположением волокон под эксплуатационной нагрузкой происходит перераспределение внутренних напряжений, при этом касательные напряжения воспринимаются неперерезанными наклонными волокнами древесины. Очевидно, прочность таких элементов более высокая, и процесс их разрушения отличается от прямослойных. Поэтому сортименты со спиралеобразным направлением волокон имеют преимущества перед прямослойными, особенно при работе элементов строительных конструкций на растяжение или статический изгиб.

При выполнении канта на бревне с наклоном волокон его тесали до половины ширины канта в одну сторону, а затем – в обратную (прямослойные бревна тесали в двух направлениях – туда и обратно – попеременно полосами шириной, равной длине лезвия топора). Бревна тесали топором с утяжеленным коротким каплевидным в сечении лезвием, который скалывал древесину, не оставляя зазубрин, и одновременно боковой стороной уплотнял волокна древесины [3]. Этим достигалось плотное примыкание друг к другу перерезанных спиралеобразных волокон. С уплотненной таким образом поверхности легче удалялась дождевая вода, а древесина меньше подвергалась биоповреждениям.

Нами проведено детальное побревенное обследование срубов трех объектов деревянного зодчества Архангельской области: неотапливаемой церкви Почозерского храмового ансамбля начала XVIII в. в Кенозерском национальном парке (Плесецкий район), Сретенской церкви 1683–1686 гг. постройки в с. Заостровье и Никольской церкви (1581 г.) в с. Лявля (обе – Приморский район). Каждое бревно было обследовано на предмет наличия биопоражений, выявлен характер наклона волокон древесины. Если угол наклона волокон к оси бревна составлял  $10^\circ$  и более, то такой наклон считали большим, от  $4^\circ$  до  $10^\circ$  – малым; бревна с наклоном волокон менее  $4^\circ$  относили к прямослойным.

Всего в трех объектах было обследовано 767 бревен, из них 144 бревна из сруба церкви в Почозере, 205 – в Заостровье, 418 – в Лявле. Отмечено, что в срубы этих сооружений было уложено большое количество бревен с наклоном волокон. Спиралеобразное направление волокон соответственно имели 56,9; 59,0 и 44,7 % бревен, в том числе с большим наклоном волокон – 14,5; 29,7 и 14,8 %. Здесь не учтены бревна с подрубками, т. е. бревна простенков, пороговые, над- и подоконные бревна. Обследование Никольской церкви (1670 г.) в с. Волосово Каргопольского района и магазинов XVIII в. в Пинежском районе показало, что 36 % бревен в срубах этих сооружений имеют явно выраженный наклон волокон ( $6^\circ$  и более) [3].

Кроме того, в этих объектах зафиксировано незначительное количество бревен с правым направлением волокон, причем для бревен с подрубками их не использовали вообще. Так, в срубе церкви в Лявле из каждых десяти спиралеобразных бревен лишь одно имело правый наклон волокон.

Таким образом становится очевидным, что для возведения бревенчатых строений в XVI – XVIII вв. мастера производили селективный отбор лесоматериала. Большое количество бревен со спиралеобразным направлением волокон в срубах особо значимых деревянных сооружений можно объяснить следующим.

1. Прямослойную древесину преимущественно использовали для изготовления плах перекрытий, оконных и дверных колод и других тесаных деталей, так как наклон волокон затруднял обработку древесины ручным инструментом. По этой же причине для бревен с подрубками или широким кантом на значительном участке длины применяли преимущественно прямослойные бревна. Так, в срубе церкви на Почозере из общего количества бревен с подрубками 70,5 % изготовлены из прямослойной древесины, 24,4 % имеют малый наклон волокон, 5,1 % – большой наклон; соответственно в Никольской церкви – 76,7; 23,3 % (бревен с большим наклоном волокон не обнаружено); в Сретенской церкви – 50,0; 30,0 и 20,0 %, ( в целом объект содержит 59,0 % бревен со спиралеобразным направлением волокон).

2. При длительной эксплуатации деревянных конструкций воздействие температурно-влажностных условий и интенсивного солнечного излучения приводит к усушке-разбуханию древесины. Повторяющиеся циклы усушки-разбухания способствуют образованию глубоких трещин в поверхностной зоне бревен срубов. Спиральные трещины при дожде являются своеобразными микроводосливами, по которым вода быстро удаляется с поверхности древесины, что снижает степень ее намокания и биоповреждения. Кроме того, вследствие неравномерной деформации вдоль и поперек волокон и перераспределения внутренних напряжений древесина со спиралеобразным направлением волокон растрескивается значительно меньше. Это подтверждается данными обследования церкви в с. Волосово и магази в Пинежском районе – максимальная ширина раскрытия трещин в прямослойных бревнах в 2,6 раза больше, чем в косослойных, а их средняя относительная глубина (глубина трещины, выраженная в долях от диаметра бревна) в 1,2 раза больше [3].

Бревна южных стен зданий при длительной эксплуатации растрескиваются значительно сильнее, чем бревна стен, ориентированных на другие стороны света, поэтому бревна с большим наклоном волокон (менее подверженные воздействию окружающей среды) укладывали преимущественно на южную сторону строений. Это подтверждают данные побревенного обследования указанных объектов (табл.1).

Как следует из материалов наблюдений, на южные стены церкви на Почозере уложено (в процентах от общего количества бревен на всех плоскостях этого фасада) 37,8 % бревен с малым наклоном волокон и

17,8 % с большим наклоном, в с. Заостровье – соответственно 22,5 и 46,9 %; в с. Лявля на южной стене – соответственно 35,0 и 18,0 %, на юго-восточной стене – 27,8 и 27,8 %. Наименьшее количество бревен с наклоном

Таблица 1

**Особенности размещения бревен в наружных стенах**

Ориентация стен по сторонам света	Место-нахождение объекта	Количество бревен, шт./ %			
		прямослойных	с наклоном волокон		всего
			малым	большим	
Южная	Почозеро	20/44,4	17/37,8	8/17,8	45/100,0
	Заостровье	15/30,6	11/22,5	23/46,9	49/100,0
	Лявля	47/47,0	35/35,0	18/18,0	100/100,0
Юго-восточная	Лявля	24/44,4	15/27,8	15/27,8	54/100,0
Северная	Почозеро	30/60,0	16/32,0	4/8,0	50/100,0
	Заостровье	28/39,4	24/33,8	19/26,8	71/100,0
	Лявля	61/60,4	29/28,7	11/10,9	101/100,0
Северо-западная	Лявля	30/68,2	11/25,0	3/6,8	44/100,0
Западная	Почозеро	7/25,9	17/63,0	3/11,1	27/100,0
	Заостровье	31/66,0	12/25,5	4/8,5	47/100,0

Таблица 2

**Особенности биопоражения бревен наружных стен**

Ориентация стен по сторонам света	Местонахождение объекта (общее количество бревен, шт.)	Количество бревен, шт./ %				
		прямо-слойных	с наклоном волокон		всего	
			малым	большим	по объекту	по стене
–	Почозеро (209)	91/82,7	66/89,2	25/100,0	182/87,1*	–
		19/17,3	8/10,8	–	27/12,9	–
–	Заостровье (293)	114/86,4	71/80,7	67/91,8	252/86,0*	–
		18/13,6	17,19,3	6/8,2	41/14,0	–
–	Лявля (410)	167/73,6	99/79,9	57/96,6	323/78,8*	–
		60/26,4	25/20,1	2/3,4	87/21,2	–
Южная	Почозеро	11/40,7	3/11,1	–	27/100,0	14/51,9
	Заостровье	9/22,0	5/12,2	1/2,4	41/100,0	15/36,7
	Лявля	2/2,3	1/1,1	–	87/100,0	3/3,4
Юго-восточная	Лявля	3/3,4	2/2,3	–	87/100,0	5/5,7
Восточная	Почозеро	6/22,2	4/14,8	–	27/100,0	10/37,0
	Заостровье	2/4,9	6/14,6	4/9,8	41/100,0	12/29,3
	Лявля	19/21,8	6/6,9	–	87/100,0	25/28,7
Северо-восточная	Лявля	13/14,9	4/4,6	1/1,1	87/100,0	18/20,7
Северная	Почозеро	2/7,4	–	–	27/100,0	2/7,4
	Заостровье	4/9,8	4/9,8	1/2,4	41/100,0	9/22,0
	Лявля	12/13,8	9/10,3	–	87/100,0	21/24,1
Северо-западная	Лявля	10/11,5	2/2,3	1/1,1	87/100,0	13/14,9
Западная	Почозеро	–	1/3,7	–	27/100,0	1/3,7
	Заостровье	5/12,2	–	–	41/100,0	5/12,2
Юго-западная	Лявля	1/1,1	1/1,1	–	87/100,0	2/2,3

\* Бревна без биопоражения, остальные – с биопоражением.

волокон отмечено на северных, северо-западных или западных стенах строений: на северной стене церкви на Почозере уложено 32,0 % бревен с малым наклоном и 8,0 % с большим, на западной стене церкви с. Заостровье – соответственно 25,5 и 8,5 %, на северо-западной стене церкви с. Лявля – 25,0 и 6,8 %.

3. На бревнах стен обследованных объектов были обнаружены очаги поражения наружной бурой трещиноватой гнилью. Бревна со спиралеобразным направлением волокон имеют меньшее фунгицидное поражение. Особенности биопоражения наружных стен объектов приведены в табл. 2, куда включены бревна с подрубками, но не учтены три нижних венца по всему периметру объектов, так как их биопоражение, как правило, вызвано нарушением гидроизоляции.

Из табл. 2 видно, что у объектов в Почозере, Заостровье и Лявле наружной бурой трещиноватой гнилью поражено соответственно 17,3; 13,6 и 26,4 % всех прямослойных бревен и 10,8; 19,3 и 20,2 % бревен с малым наклоном волокон. Лишь 8,2 и 3,4 % всех бревен с большим наклоном волокон в объектах Заостровья и Лявли также имеют фунгицидное поражение (в церкви на Почозере не зафиксировано биоповреждений бревен с большим наклоном волокон). При этом необходимо отметить, что на сторонах строений, подвергающихся интенсивному солнечному облучению, отмечено наибольшее количество биоповрежденных бревен: в церкви на Почозере 51,9 % поврежденных бревен принадлежат южной стороне и 37,0 % – восточной; в Заостровье – соответственно 36,7 и 29,3 %. Церковь в Лявле имеет большое количество бревен с биоповреждениями на северо-восточной, северной и северо-западной стенах (в сумме 59,8 %), что объясняется крайне затрудненными условиями их аэрации из-за примыкающих растущих деревьев; восточная стена содержит 28,7 % поврежденных бревен.

Ранее, при обследовании церкви в с. Волосово и магази в Пинежском районе, отмечено, что поражение дереворазрушающими грибами прямослойных бревен в 1,7 раза больше, чем бревен, имеющих наклон волокон [3].

Таким образом, при ремонте и реставрации особо значимых деревянных сооружений целесообразно учитывать особенности строения дерева и применять бревна со спиралеобразным расположением волокон, что будет способствовать долговечности строений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтатов В.В. Левизна и правизна в строении растительных и животных организмов // Тр. МОИП. – 1957. – Т. 62, вып. 5. – С. 37-59.
2. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.
3. Варфоломеев Ю.А., Шаповалова Л.Г. Учет особенностей строения дерева зодчими Севера // Жилищное строительство. – 1992. – № 6. – С. 18-19.

4. Попов А.В., Шургин И.Н. О воссоздании русской плотничной технологии XVII-XVIII вв. – М., 1993. – 17 с.
5. Толстопятенко А.И. Диссимметрия биологических объектов. – Калуга: КФ МСХА, 1993. – 76 с.
6. Толстопятенко А.И., Мартынцив Г.Д. Диссимметрические признаки у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Науч.тр. / КФ МСХА. – 1996. – Вып.2. – С. 102-109.
7. Толстопятенко А.И. Наследуемость диссимметрических признаков // Науч.тр. / КФ МСХА. – 1993. – Вып.1. – С. 67-77.
8. Sjomar P. Byggnadsteknik och timmermanskonst. – Goteborg, 1988. – 180 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 05.09.2000 г.

*V.I. Melekhov, L.G. Shapovalova*

### **Peculiarities of Using Fiber Slope Logs in the Wooden Constructions of the Russian North**

It was found out that when wooden structures were erected in the XVI-XVII centuries the logs with spiral fiber layout characterized by higher durability and biostability and lower cracking in the process of exploitation were applied to preserve them.

УДК 674.053:621.93

***А.Е. Алексеев, А.Г. Хабаров, Л.В. Алексеева***

Алексеев Александр Евгеньевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета, чл.-корреспондент Академии метрологии, академик Академии проблем качества. Имеет более 90 научных трудов в области лесопиления.



Хабаров Алексей Григорьевич родился в 1977 г., окончил в 1989 г. Архангельский государственный технический университет по специальности инженер по автоматизации технологических процессов и производств.



Алексеева Людмила Васильевна родилась в 1960 г., окончила в 1986 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 10 научных трудов в области лесопиления.

**К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСКРОЯ БРУСЬЕВ  
НА КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ**

Изложены требования к программному управлению раскроем по критерию объемного выхода пиломатериалов свободных размеров и оптимизации поставок на базе автоматизированного рабочего места оператора.

раскрой бревен, круглопильные станки, автоматизированная программа.

Изменение баланса сырья в пользу повышения выхода основной его составляющей – пиломатериалов – при распиловке брусьев на круглопильных станках возможно за счет уменьшения толщины пил.

Оптимизация условий базирования (ориентация и установка, определенность положения бруса в процессе раскроя) и применения рациональ-

ных способов раскря брусев при производстве пиломатериалов заданных стандартных размеров не дает достоверного улучшения параметров поставов по сравнению с традиционной распиловкой.

При работе в условиях, когда нельзя уменьшить толщину пил и отсутствуют жесткие ограничения к выработке пиломатериалов требуемых сечений, улучшение основных показателей раскря брусев достигается за счет решения задачи о получении пилопродукции рациональных размеров. Для каждого диаметра бревна выбирают брус одной или нескольких рациональных толщин, после чего определяют оптимальный постав пил для раскря по критерию максимального использования объема этого бруса.

Решение этой задачи проводили с учетом использования ее результатов для условий автоматизированного производства пиломатериалов, т. е. при автоматизации процесса в целом как звена автоматизированной системы управления (АСУ) и при локальном применении как программного обеспечения автоматизированного рабочего места (АРМ).

Блок-схема алгоритма процесса распиловки брусев с учетом участия оператора в управлении приведена на рис. 1.

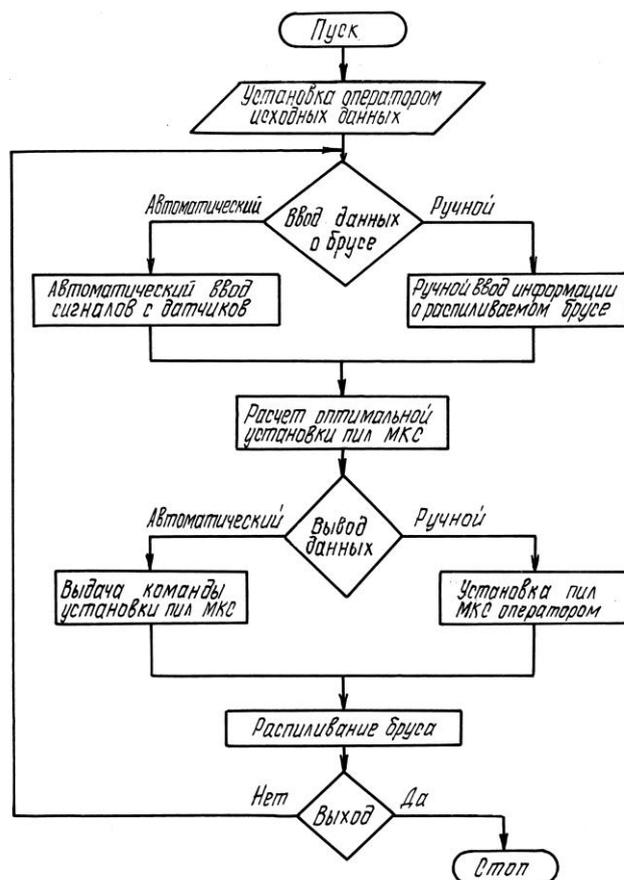


Рис. 1.

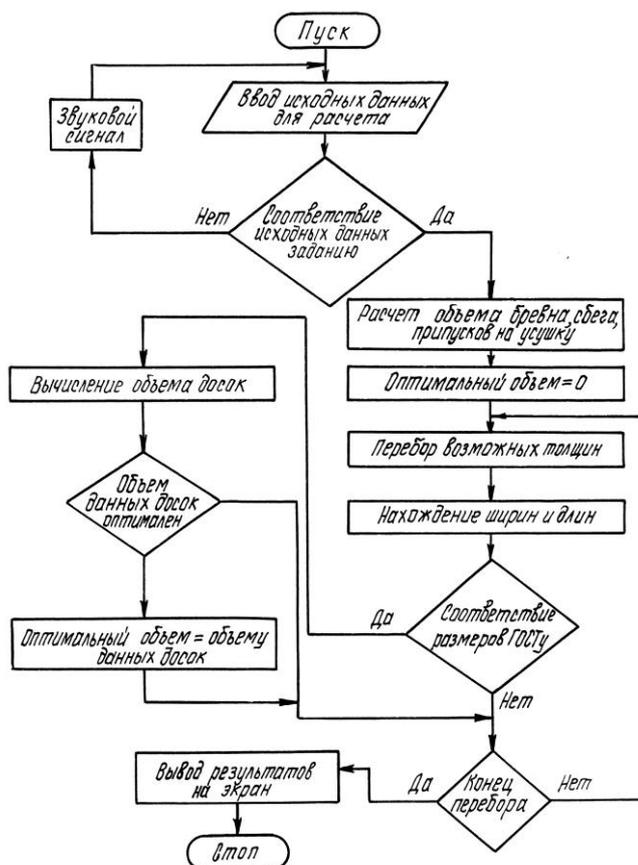


Рис. 2.

При разработке программного обеспечения АРМ использовали известные положения теории раскроя, адаптированные к АСУ раскроя брусьев на многопильных круглопильных станках. При этом придерживались основных методических установок, приведенных в работе [2].

Блок-схема алгоритма формирования сечений пиломатериалов стандартных размеров (ширина, толщина, длина) приведена на рис. 2.

В зависимости от числа пил программой предусмотрено формирование четного или нечетного постава. Текст программы написан на языке TURBO PASCAL 7.0.

Краткое описание работы программы сводится к следующему. В зависимости от режима работы (автоматический или ручной) исходные данные о диаметре бревна, толщине и длине бруса вводят с внешних устройств или с клавиатуры оператора АРМ. Рациональный постав выбирают перебором возможных комбинаций толщины пиломатериалов (толстые и тонкие доски). Одновременно для каждой из комбинаций рассчитывают ширину, длину и объем всех досок. Оптимизацию варианта раскроя осуществляют по наибольшему выходу пиломатериалов. Полученную информацию со-

храняют и выводят для согласования на дисплей. Распиловку производят в ручном или автоматическом режимах.

Результаты расчета сравнивают с данными, приведенными в работах [1, 3] для условий осевой распиловки бревен и брусьев. При этом отбирают аналогичные варианты раскроя брусьев на лесопильных рамах для найденных толщин и количества пиломатериалов.

Показатели раскроя брусьев на круглопильных станках при оптимизации размеров досок в свободном режиме имеют порядок, соответствующий условиям рамной распиловки брусьев на пиломатериалы заданных стандартных размеров ограниченной сетки при рационализации поставок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев А.Е.* О выборе положения бруса перед раскроем //Лесн. журн. – 1994. – № 3. – С. 58-63. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Соболев И.В.* Управление производством пиломатериалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 184 с.
3. *Турушев В.Г., Алексеев А.Е., Царев Е.Г.* Совершенствование технологии получения пиломатериалов //Лесн. журн. – 1992. – № 4. – С. 96-104. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 12.01.99

*A.E. Alekseev, A.G. Khabarov, L.V. Alekseeva*

#### **To the question of the Automated Cut of Beams on the Circular Saw Machines**

The requirements are presented for the program control over cutting based on the volume recovery criterion of the free-size sawn wood and feed optimization based on the automated operator working place.

---

УДК 674.093

*А.Д. Голяков*

Голяков Александр Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных трудов в области механической технологии древесины и исследования показателей механических свойств пилопродукции.



### **К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ ОБРЕЗКИ И ТОРЦОВКИ ТОНКИХ ДОСОК**

Установлено, что визуальная оценка не исключает потерь стоимостного выхода продукции при обрезке и торцовке досок на полумеханизированных участках.

доски, раскрой, оптимизация, стоимостной выход.

Обрезка и торцовка – основные операции дообработки досок после выпилки – в значительной степени влияют на выход товарных пиломатериалов и эффективность их производства. К сожалению, на отечественных заводах операции обрезки и торцовки разделены в пространстве и времени и выполняются в лесопильных цехах на полумеханизированных участках.

При обрезке механизированы лишь подача пиломатериалов к участку, поднастройка постава пил, пиление и перемещение обрезаемой доски в станке (подача). Обрезчики выполняют следующие виды работ: перемещение необрезной доски на передистаночный стол, переворот ее узкой плоскостью вверх, ориентирование по коренной пиле или оси постава и подача в станок; оценка качества необрезной доски и оптимизация обрезки; корректировка постава пил станка.

В процессе торцовки степень механизации может быть разной, но длину торцованной доски во всех случаях оператор определяет визуально.

После обрезки (до торцовки) оператор станка должен представлять конечные (промежуточные) результаты. Ошибки, допущенные при обрезке, накладывают свой отпечаток на качество торцовки. Известно [3], что потери объемного выхода пиломатериалов на участках обрезки достигают до 24 %, составляя в среднем 11 % (в том числе 8,2 % за счет неправильной оценки полуфабрикатов), стоимостной выход при обрезке широких досок снижается на 18 ... 20 %.

В соответствии с вышеизложенным нам представляется целесообразным изучить интеллектуальную задачу, решаемую обрезчиком при оценке каждого необрезного полуфабриката.

Задача состоит не только в определении возможных вариантов обрезки, но и в отыскании среди них оптимального. Критерием оптимальности должен быть стоимостной выход, т.е. наибольшая стоимость товарной про-

дукции (произведение объема и цены за единицу), основную часть которой составляет стоимость пиломатериалов. В экспериментальном исследовании\* вариантов обрезки (с учетом окончательной торцовки) в качестве оценочного показателя выбран коэффициент стоимости

$$K_i = K_{ci}K_{vi},$$

где  $K_{ci}$  – коэффициент цены, которая зависит от качества пиломатериалов,  $K_{ci} = C_i/C_5$ ;  
 $C_5$  и  $C_i$  – ценностные коэффициенты сортности экспортных пиломатериалов (пиломатериалы, выпиленные по ГОСТ 26002–83) пятого и любого другого ( $i$ -го) сортов;  
 $K_{vi}$  – коэффициент объема обрезной доски,  $K_{vi} = V_i/V_{б.с.}$ ;  
 $V_{б.с.}$  и  $V_i$  – объем обрезной доски при вариантах обрезки (и торцовки) по обзолу, что допускается в бессортных пиломатериалах (1–3-го сортов) и при получении досок  $i$ -го сорта, в том числе и бессортных, отличающихся от базы шириной и длиной.

Эти ценностные коэффициенты были утверждены еще в 1967 г., за базу была принята цена пиломатериалов 3-го сорта внутреннего рынка (ГОСТ 8486–66). Поскольку в настоящее время внутренний рынок пиломатериалов в России не стабилен, в качестве базового использовали 5-й сорт экспортных пиломатериалов (ГОСТ 26002–83). Рассчитанные значения коэффициентов цены пиломатериалов  $K_{ci}$  приведены в таблице.

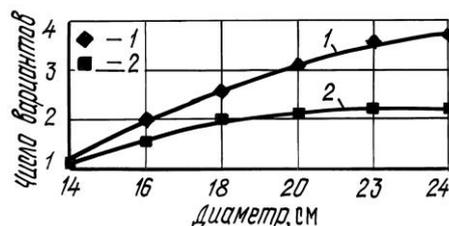
Длина доски, м	Коэффициенты цены для пиломатериалов сорта		
	1–3 (б.с)	4	5
≥ 2,7	1,47	1,27	1,00
< 2,7	1,13	0,80	–

С помощью статистического анализа контрактов АО «Северолесоэкспорт» получены достоверные значения коэффициентов, близкие к приведенным в таблице:  $K_{с.б.с} = 1,48$ ;  $K_{с4} = 1,24$  (при  $K_{с5} = 1,00$ ) при относительной ошибке 0,7 % с вероятностью 0,9. Поскольку анализ носил частный характер (только одна лесозэкспортная организация), то в дальнейшем были использованы табличные значения коэффициентов.

Оптимальным вариантом обрезки (с учетом торцовки) признается тот, при котором получают максимальное значение коэффициента стоимости  $K_{max}$ . Решающим фактором может быть или качество, или размеры обрезной доски. Например, доска 5-го сорта может стоить столько же, сколько и бессортная, если ее объем будет в 1,47 раза больше, чем бессортной.

Вначале было определено предполагаемое число вариантов обрезки, которые должен представлять себе обрезчик, прежде чем выбрать опти-

\* В работе принимали участие студенты И.В. Малыгина, О.И. Овчинникова, М.Н. Потехина, Н.В. Ребячих, М.Е. Царев, А.А. Яковлева.



мальный, естественно, прогнозируя окончательную торцовку. Это число зависит от множества факторов: диаметра распиливаемого сырья, толщины и места доски в поставе, формы ее наружной пласти, которая, в свою оче-

редь, зависит от формы бревна и т. д.  
 Зависимость числа возможных вариантов обрезки подгорбыльных досок от диаметра распиливаемого сырья при отклонении от оптимального до 25(1) и до 10 % (2):  $1 - R^2 = 0,9959$ ;  
 $2 - 0,9924$

Объектом исследования были выпиленные на рамах первого ряда при брусом-развальном способе распиловки еловые подгор-

быльные доски толщиной 22 мм, наружные пласти которых по поставу находились

в сбеговой зоне пиловочного бревна. Эти доски раскраивали в свободном ритме. При выборе вариантов исходили из возможности выпилки пиломатериалов всех возможных по ГОСТ 24454–80 ширин

длиной не менее 1,5 м. Число вариантов, рассматриваемое обрезчиком, конечно, зависит от квалификации последнего и ритма поступления полуфабрикатов на участок обрезки. Результаты исследования представлены на рисунке.

Процент отклонения  $P_i$  стоимости обрезной доски  $i$ -го варианта окончательной обработки от оптимального определяли по формуле

$$P_i = 100(K_{\max} - K_i) / K_{\max}.$$

Ограничения по величине допускаемых ошибок приняты с учетом результатов исследований, упомянутых в начале статьи [3].

Из полиномиальных кривых, приведенных на рисунке, видно, что наименьшее число вариантов обрезки получается при распиловке тонких бревен, когда возникает ограничение со стороны размеров минимальной ширины обрезной доски. Число вариантов возрастает до 2-3 при переходе к диаметру 20 см. При 10 %-й ошибке число вероятных вариантов сохраняется и при дальнейшем увеличении диаметра распиливаемого сырья. Для 25 %-й ошибке, возможной у менее опытных обрезчиков, число рассматриваемых вариантов обрезки с ростом диаметра бревен возрастает до 3-4.

В результате наблюдений установлено, что время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных операций обрезчиками архангельских лесозаводов составляет 1,9 ... 4,7 с и изменяется в соответствии с диаметрами распиливаемого сырья, а точнее – с единичной и общей массой пропускаемых необрезных досок. Большая часть этого времени приходится на механиче-

ские манипуляции, а за оставшееся время необходимо сделать математическую оценку нескольких вариантов (умножив ширину на длину обрезной доски) и выбрать оптимальный. Поэтому обрезку проводят на основе полученных в процессе обучения и учебной практики типовых вариантов, к которым бывает трудно отнести реальные полуфабрикаты. Отсюда следует вывод, что для оптимизации обрезки большое значение имеют обучение и стажировка обрезчиков. Положительно на оптимизации обрезки может сказаться освобождение участка обрезки от пропуска горбылей и обрезных тонких досок, выпиливаемых при распиловке с брусочкой, суммарное количество которых для бревен небольших диаметров может достигать 40...50 %.

Анализ возможных вариантов обрезки позволил сделать вывод, что для досок, выпиленных из бревен минимальных диаметров (14 см), оптимальным может оказаться вариант обрезки по допускаемому обзолу любого сорта, при распиловке бревен диаметром 16 см – бессортного или 4-го сорта.

При обрезке досок, выпиленных из более толстых бревен, оптимальными, как правило, получаются варианты с выпилкой обрезных пиломатериалов 1–3-го сортов, т.е. с увеличением диаметра распиливаемого сырья повышается вероятность того, что оптимальным вариантом оказывается обрезная доска высшего сорта. С учетом того, что при выработке пиломатериалов высокого качества возрастает отпад древесины в рейку, способствующий увеличению производства попутной продукции (например щепы), всегда, если позволяет качество древесины, нужно стремиться к выработке обрезных пиломатериалов с обзолом, величина которого не превышает нормы допуска в досках 1–3-го сортов. Этот вывод можно использовать в качестве дополнительного критерия при выборе оптимального варианта обрезки досок из древесины разного качества.

В результате дополнительного исследования репрезентативных выборок посортного выхода тонких (их ширина 100 мм сформирована на обрезном станке как самая узкая (ширину 75 мм не выпиляли)) торцованных пиломатериалов на участке окончательной сортировки получено 39 % досок 5-го сорта, а 34 % удовлетворяют требованиям только ГОСТ 8486–86 (отпад от экспорта). Из-за наличия чрезмерного обзола сорт был понижен у 58 % досок. Среди досок шириной 125 мм, при выработке которых из полуфабрикатов имелся альтернативный вариант обрезки на ширину 100 мм, получен значительно лучший посортный состав: 57,7 % – доски 1–4-го сортов, 37,4 % – 5-го сорта, 4,9 % – отпад от экспорта.

При обрезке необрезных досок с шириной наружных пластей в вершинных торцах более 100 мм следует рассматривать 1-2 варианта обрезки, при наличии кривизны – 2-3 варианта.

Повысить ценностный выход обрезных пиломатериалов можно благодаря соблюдению рекомендаций по оптимальной загрузке обрезных станков, внедрению световых разметчиков, устройств механизации вспомогательных операций [1, 2]. Однако отдельные варианты обрезки могут различаться по эффективности  $P_i$  всего на 3 ... 8 %, т.е. ошибки при обрезке возможны почти всегда.

Для ликвидации ошибок оптимизации необходима автоматизация процесса обрезки на основе сканирования форм пластей необрезных досок и их имитационного раскроя с помощью ЭВМ, управляющей механизмами ориентации полуфабрикатов перед обрезкой и поставом пил обрезного станка. Обрезные устройства с автоматизированными системами оптимизации обрезки тонких досок уже существуют [4], поэтому остается провести экономический расчет эффективности их использования в конкретных условиях производства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг А.И., Любина Н.П. Как снизить потери при обрезке древесины // Лесн. пром-сть. – 1972. – № 11. – С. 5-6.
2. Айзенберг А.И. Опыт реконструкции лесопильных потоков // Деревооб- раб. пром-сть. – 1990. – № 8. – С. 5-7.
3. Копейкин А.М. Механизация и автоматизация обрезки пиломатериалов (обзор). – М.:ВНИПИЭИлеспром, 1975. – 25 с.
4. Проспект АО План-Селл. – Финляндия, 1979. – 4 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 21.01.2000 г.

*A.D. Golyakov*

#### **On Automation of Board Edging and Trimming**

It has been found out that the visual evaluation doesn't exclude the loss of value output of production in the process of edging and trimming the boards in semi-mechanical areas.

---

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 668.48:614

***В.А. Рогов, Р.А. Степень, Т.А. Саулова***

Рогов Вадим Алексеевич родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Сибирского государственного технологического университета. Имеет 50 печатных работ, 20 из которых – по проблемам ионизации и фитоаэроионизации.



Степень Роберт Александрович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Сибирский технологический институт, доктор биологических наук, профессор кафедры химической технологии древесины Сибирского государственного технологического университета, академик РАН. Имеет 200 печатных работ в области экологии.



Саулова Татьяна Алексеевна родилась в 1964 г., окончила в 1987 г. Сибирский технологический институт, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности Сибирского государственного технологического университета. Имеет 5 печатных работ в области фитоаэроионизации закрытых помещений с использованием эфирных масел хвойных пород деревьев.



## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХВОЙНЫХ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ**

Даны практические рекомендации по использованию эфирных масел различных пород хвойных деревьев для санации помещений.

эфирные масла хвойных, их состав в лесном воздухе и растительных материалах.

Оздоровляющее действие лесного воздуха в значительной мере обусловлено присутствием летучих фитиоорганических веществ. В хвойных насаждениях значительную их часть составляют терпеноидные соединения, называемые «атмосферными витаминами», поскольку они являются активаторами ферментов живого организма, повышают бактерицидность воздушной среды, ионизируют и очищают ее от пыли и токсических продуктов [1].

Основные исследования содержания и состава летучих фитиоорганических веществ в воздушной среде проводили в естественных насаждениях и культурах Погорельского бора на территории экспериментальной базы Института леса СО РАН [8].

Выделение органических соединений из воздуха осуществляли адсорбционным способом с последующим элюированием улавливаемых продуктов серным эфиром.

Эфирные масла из древесной зелени и других растительных материалов выделяли гидродистилляцией, их количество определяли волюмометрически и пересчитывали на массу абсолютно сухого сырья. Состав эфирных масел и летучих экзаметаболитов изучали методом газожидкостного хроматографирования с использованием неподвижной фазы из диметилфталата и SE-30.

Результаты проведенных исследований показывают, что количественное содержание летучих фитиоорганических веществ в воздухе лесных биогеоценозов зависит от целого ряда ценотических факторов: породного состава, возраста, условий роста и развития растений, суточной и сезонной динамики, уровня над поверхностью почвы. Существенное влияние на содержание фитиоорганических веществ в воздухе оказывает полнота насаждений и, особенно, температура воздуха.

В среднем концентрация летучих веществ в сосновом лесу составляет 1,5 ... 2,5 мг/м<sup>3</sup>. Под пологом кедровых древостоев она на 20 ... 30 % больше, в пихтарниках и ельниках – на 20 ... 50 % меньше. Минимальное количество летучих продуктов отмечено в атмосфере лиственных насаждений (около 1 мг/м<sup>3</sup>). Однако именно с повышенным содержанием фитиоорганических продуктов в воздухе связывается плохое самочувствие людей, подверженных аллергии и сердечно-сосудистым заболеваниям [3, 4]. Кроме того, считается, что в ходе окислительных превращений образуются производные, способствующие развитию злокачественных опухолей. В какой-то мере такая возможность допускается для территорий с сухим климатом и интенсивным ультрафиолетовым излучением, но для хвойных лесов с высокой влажностью это исключено. Во избежание подобных явлений при фитоаэрации помещений рекомендуется поддерживать относительную влажность воздуха на уровне 50 ... 60 %.

Исследование качественного состава летучих фитиоорганических веществ хвойных древостоев показало, что они на 90 % и более представлены терпеноидными соединениями [7]. Идентифицировано около 30 компонентов, относящихся к монотерпеновым (до 80 ... 90 % от общей суммы), кислородосодержащим и сесквитерпеновым соединениям.

Данные о количественном и качественном содержании летучих фи- тоорганических веществ были сопоставлены с результатами исследований полученных гидродистилляционных эфирных масел хвойных пород деревь- ев с целью возможного использования последних для оздоровления микро- климата помещений фитоаэрацией. Следует отметить, что эфирные масла представлены практически одними терпеноидными соединениями. Вклад органических кислот и фенолов составляет от 0,4 (сосна) до 1,5 % (ель), ки- слородосодержащей фракции – от 5 ... 10 (светлохвойные) до 30 % (темно- хвойные). Содержание сесквитерпеноидов во всех маслах является близким (5 ... 9 %). Подобные сведения приводят и другие авторы [2, 7].

Компонентный состав сравниваемых эфирных масел одинаков (табл. 1), что логично объясняется принадлежностью исследуемых древес- ных растений к одному семейству сосновых. Кроме  $\alpha$ -пинена, содержаще- гося в большинстве эфирных масел, в сосновом и лиственничном масле много  $\Delta^3$ -карена, большие концентрации которого в воздухе вызывают дер- матиты и аллергию [5].

На основании сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что качественный состав летучих продуктов и соответствующих эфирных масел одинаков, но количественное соотношение их в смесях различно. Природные экзаметаболические вещества богаче легколетучими монотерпенами, эфирные масла – более тяжелыми сесквитерпеновыми углеводородами (табл. 1), что указывает на несущественное преимущество первых. Следовательно, ре- зультаты сопоставления количественного и качественного состава свиде- тельствуют о весьма реальной возможности использования для санации и оздоровления воздушной среды помещений эфирных масел хвойных дре- весных пород в концентрациях, соответствующих природным. Наиболее подходящим препаратом для этой цели можно считать эфирное масло дре- весной зелени и коры кедра сибирского, поскольку оно содержит мало  $\Delta^3$ -карена и сесквитерпеновых углеводородов, обладает широким спектром антимикробного действия, имеет приятный бодрящий аромат, эффективно ионизирует воздушную среду и практически не проявляет аллергентной активности [6].

Успешным может оказаться санирование воздуха помещений моно- терпеновыми фракциями пихтового и елового эфирных масел. При сравни- тельно низком уровне  $\Delta^3$ -карена в препаратах повышенное содержание бор- нилацетата обуславливает проявляемую ими высокую бактерицидность.

Согласно данным красноярских медиков, пихтовое масло характери- зуется низкой токсичностью, отсутствием мутагенного действия, противо- микробной активностью и безопасностью малых концентраций. Отрица- тельные последствия отмечены лишь при превышении естественного уровня концентрации (1 ... 2 мг/м<sup>3</sup>) в 5 и более раз [9].

Нецелесообразно проводить санирование сосновым и лиственнич- ным маслами и их фракциями атмосферы в помещениях предприятий, про- изводственная деятельность которых сопряжена с выделением озона и газо- образных окислителей. Содержащийся в их составе в большом количестве

Таблица 1

**Процентный состав летучих терпеноидов атмосферы  
и эфирного масла древесной зелени и кроны основных хвойных пород**

Классы соединений	Сосна обыкновенная			Кедр сибирский			Лиственница сибирская			Пихта сибирская			Ель сибирская		
	Летучие соединения	Эфирное масло		Летучие соединения	Эфирное масло		Летучие соединения	Эфирное масло		Летучие соединения	Эфирное масло		Летучие соединения	Эфирное масло	
		зелени	коры		зелени	коры		зелени	коры		зелени	коры		зелени	коры
Монотерпеновые углеводороды	78,5	73,2	76,1	85,5	85,9	93,3	88,2	80,5	79,7	74,4	61,7	70,7	78,3	67,7	70,9
В том числе $\Delta^3$ -карены	6,4	10,1	15,8	4,3	2,4	12,3	24,6	37,8	22,4	5,7	8,2	6,2	6,8	12,4	16,0
Кислородосодержащие терпеноиды	19,4	10,3	11,2	11,0	5,4	3,6	9,7	11,3	12,5	8,7	–	–	5,0	–	–
Сесквитерпеновые углеводороды	2,1	16,5	12,7	3,5	8,7	3,1	2,1	8,2	7,6	3,1	6,5	6,8	1,9	4,8	5,6

Таблица 2

**Содержание эфирных масел (% от массы абс. сухого сырья)  
в растительных материалах основных хвойных пород**

Древесная порода	Зелень	Кора	Опад и лесная подстилка
Пихта сибирская	3,2	1,9	1,1
Кедр сибирский	2,1	0,9	0,8
Сосна обыкновенная	0,8	0,2	0,2
Ель сибирская	0,4	0,3	0,2
Лиственница сибирская	0,2	0,2	0,1

(15 ... 30 %)  $\Delta^3$ -карен под влиянием поллютантов переходит в опасные окисные формы. Однако это не означает, что перечисленные масла не должны применяться. Высокие бактерицидные свойства, специфичность воздействия и приятный аромат служат весомым аргументом для их использования при санировании бытовых комнат, спортзалов, где наряду с получением стерильности необходимо активизировать функциональность систем человеческого организма. В частности доказано, что сосновое масло обладает сильным отхаркивающим действием, активизирует движение мерцательного эпителия и стимулирует секреторную функцию бронхиальных желез [4].

Возможность использования эфирных масел для фитоаэрации помещений во многом определяется их доступностью, что в значительной мере зависит от насыщенности ими используемого сырья. Содержание эфирных масел в древесной зелени, коре, опаде и лесной подстилке главных лесобразующих пород, произрастающих в Сибири, приведено в табл. 2.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о возможности применения эфирных масел всех хвойных пород в качестве доступных средств для эффективной фитоаэрации помещений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артюховский А.К.* Санитарно-гигиенические и лечебные свойства леса. – Воронеж: ВГУ, 1985. – 104 с.
2. *Горностаева Л.И., Репях С.М., Левин Э.Д.* Схема исследования эфирных масел древесной зелени // Изучение химического состава древесной зелени. – Рига: Зинатне, 1983. – С. 48-52.
3. *Грехман Л.З., Мильман И.С.* О климатотерапевтическом эффекте имитации воздуха в закрытых помещениях с помощью прибора «Аэрофит» // Фитонциды. – К.: Наук. думка, 1975. – С. 293-295.
4. *Николаевский В.В., Еременко А.Е., Иванов И.К.* Биологическая активность эфирных масел. – М.: Медицина, 1987. – 144 с.
5. *Полтавченко Ю.А.* Эфирные масла хвойных деревьев Прибайкалья и генезис монотерпенов: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Иркутск, 1974. – 24 с.
6. *Пряжников А.Н.* Фитонцидная продуктивность растительных компонентов кедровых лесов // Продуктивность и восстановительная динамика лесов Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 98-116.

7. Степанов Э.В., Дубовенко Ж.В. Исследование летучих органических веществ прямым газохроматографированием растительного материала // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. – 1971. – Вып. 2. – С. 84-88.

8. Степень Р.А., Чуркин С.П. Летучие выделения сосны. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1982.

9. Фитонциды в эргономике / А.М. Гродзинский, Н.М. Макарчук, Я.С. Лещинская и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 188 с.

Сибирский государственный технологический университет

Поступила 23.03.2000 г.

*V.A. Rogov, R.A. Stepen, T.A. Saulova*

### **Possibility of Using Coniferous Volatile Oil for Room Air Sanitation**

The practical recommendations are given for using the volatile oil of different coniferous species for room sanitation.

---

УДК 676.106

*С.С. Пузырев, М.К. Федоров, З.В. Клименко***ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ТММ**

Изложены результаты исследований физико-химических и электроповерхностных свойств термомеханической массы (ТММ) и отходов ее сортирования, а также обработки отходов сортирования ТММ сульфитом натрия (расход 2 и 10 % к массе абс. сухого вещества при различной температуре).

термомеханическая древесная масса, ее физико-химические и поверхностные свойства, связь с фракционным составом и обработкой сульфитом.

Возможность применения механической древесной массы (МДМ)\* в композициях бумаги явилась основной причиной необходимости изучения комплекса бумагообразующих свойств МДМ, в том числе физико-химических и электроповерхностных, влияющих на формование бумажного полотна, прочность во влажном состоянии, удержание наполнителей и канифольного клея [11].

Таблица 1  
**Фракционный состав волокон ТММ**

Фракция	Массовая доля фракции, %	Предельные размеры фракции, мм
I	4,2/6,0	0,1...0,5
II	57,7/59,2	0,6...2,0
III	19,6/23,6	2,1...3,0
IV	18,4/12,3	3,1...5,0

Примечание. В числителе приведены данные для образцов со степенью помола 49 °ШР и средневзвешенной длиной 2,09 мм, в знаменателе – для 69 °ШР и 1,95 мм.

\* МДМ – волокнистый полуфабрикат высокого выхода, получаемый путем механической обработки древесного сырья, к которому относятся: дефибрерная древесная масса (ДДМ), термомеханическая масса (ТММ), химико-термомеханическая масса (ХТММ), химико-механическая масса (ХММ).

Таблица 2

**Физико-химические свойства фракций ТММ**

Образец ТММ	Степень помола, °ШР	Средне-взвешенная длина волокна, мм	Массовая доля фракции, %	Продолжительность обезвоживания, с	Водоудержание, %	Силы связи по Иванову, кПа	Начальная влагопрочность, Н
Исходный	72	1,3	100,0	164	206	558	1,05
Фракция I	16	2,5	45,5	3	178	0	0,47
» II	16	1,0	11,6	4	184	186	0,53
» III	27	0,6	5,0	18	190	480	0,54

Свойства МДМ в бумажном листе проявляются благодаря взаимодействию между волокнами отдельных фракций [11]. В табл. 1 представлено распределение по размерам и длине волокна фракций отечественной ТММ.

В результате фракционирования ТММ АО «Сыктывкарский ЛПК» установлено (табл. 2), что 45,5 % волокон (фракция I, сетка № 40) имели средневзвешенную длину 2,5 мм, 11,6 % (фракция II, сетка № 60) – 1,0 мм, 5,0 % (фракция III, сетка № 100) – 0,6 мм; 38,0 % волокон не улавливалось и уходило в сток (фракция IV). В процессе исследования оценивали физико-химические свойства волокон ТММ и ее фракций. Из каждой фракции были изготовлены отливки бумаги. Для коротковолокнистой фракции IV (средневзвешенная длина волокна менее 0,5 мм) продолжительность обезвоживания, водоудержание, силы связи, начальную влагопрочность не определяли.

Самой низкой степени помола фракций I и II соответствует высокая скорость обезвоживания, фракция III отличается большей степенью помола и худшей способностью к обезвоживанию. Силы связи у образцов бумаги, изготовленных из отдельных фракций ТММ, имеют тенденцию к увеличению от фракции I к III (причем силы связи фракции I имеют нулевое значение). Силы связи волокон фракции III достигают значительных величин. Вероятно, эта фракция является важным связеобразующим структурным элементом бумажного листа. Уменьшение длины волокон ТММ компенсируется увеличением их межмолекулярных сил связей. Водоудержание по

Таблица 3

## Поверхностные свойства фракций ТММ

Образец ТММ	Длина волокна, мм	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем набухшей массы $\alpha \cdot 10^6$ , см <sup>3</sup> /г	Эффективный радиус пор $r \cdot 10^5$ , м
1-й размол				
Исходный	1,54	1,17	3,47	0,47
Фракция I	1,89	0,59	2,10	1,41
» II	1,40	0,76	2,45	1,12
» III	1,26	1,31	3,13	0,42
» IV	0,53	3,27	3,62	0,19
2-й размол				
Исходный	1,02	1,44	2,81	0,48
Фракция I	1,47	0,60	2,83	1,45
» II	1,31	0,81	2,25	1,09
» III	1,12	1,23	3,05	0,52
» IV	0,43	3,02	4,69	0,16

Джайме растет от фракции I к III, однако более высокий показатель имеет исходная нефракционированная ТММ. Подобная закономерность проявилась при определении начальной влагопрочности бумажного полотна. Очевидное влияние на эти показатели оказывает содержание в ТММ коротковолокнистой фракции IV. Самая низкая начальная влагопрочность отмечена у образцов бумаги, содержащих только фракцию I. Начальная влагопрочность бумажного полотна фракций II и III была одинаковой.

Для изучения поверхностных свойств (удельная поверхность, степень гидратации, радиусы пор [5]) использовали образцы ТММ, отобранные на АО «Сыктывкарский ЛПК» после первой (1-й размол) и второй (2-й размол) ступеней размола, после отбеливания  $H_2O_2$  и сортирования (сортированная), а также отходы сортирования (отходы). Влажность образцов 82 ... 85 %. Образцы после первой и второй ступеней размола были разделены на фракции (табл. 3). После фракционирования длину волокна определяли микроскопическим методом; внешнюю удельную поверхность – методом фильтрации воды по Мейсону [12] на специальной установке [4], состоящей из полого пластмассового прозрачного цилиндра, внутри которого находятся два перфорированных подвижных диска, что позволяет производить измерения при различных плотностях диафрагмы из волокон ТММ. Фильтрацию воды осуществляли при давлении 100 мм рт. ст. Удельный объем набухшей массы  $\alpha$ , характеризующий степень гидратации волокон ТММ, находили графически на основании данных о фильтрации воды.

Зная удельную поверхность  $S_{уд}$  и предполагая, что капилляры в волокнах ТММ имеют цилиндрическую форму, рассчитывали эффективные радиусы пор для разных фракций по уравнению [1]

$$r = 2 (\rho_0 - d) / S_{уд} \rho_0 d,$$

где  $\rho_0$  – плотность набухшего волокна,  $\rho_0 = 1/\lambda$ ;

$d$  – плотность диафрагмы,  $d = 0,16 \text{ г/см}^3$ .

Как видно из табл. 3, с уменьшением длины волокон удельная поверхность и степень гидратации увеличиваются, эффективный радиус пор, отражающий пористую структуру различных фракций ТММ, убывает. Эффективный радиус пор наряду с длиной волокон может быть использован для характеристики фракций ТММ. Анализируя табл. 3, можно заключить, что поверхностные свойства исходных образцов ТММ во многом определяются свойствами волокон коротковолокнистой фракции. Подобная закономерность отмечена и для волокон целлюлозы [7].

Следующий этап исследований – изучение электроповерхностных свойств ТММ: адсорбционной емкости по отношению к катиону  $\text{Ca}^{2+}$ , внутренней удельной поверхности, поверхностного (термодинамического) потенциала, поверхностной проводимости [4].

Предварительно все образцы ТММ обеззоливали двукратной обработкой 0,1 н раствором соляной кислоты и тщательно промывали дистиллированной водой. Для исследования использовали влажные образцы (65 ... 70 %). После этого в них определяли содержание минеральных веществ (зольность), содержание карбоксильных групп по Веберу [3], длину волокна и степень помола (табл. 4). У всех образцов ТММ была изучена адсорбционная способность по отношению к иону кальция в зависимости от активной кислотности 0,1 н ацетатных буферных растворов. Количество адсорбированного кальция определяли комплексонометрическим титрованием [10] растворов золы ТММ после ее сжигания и растворения в  $\text{HCl}$  (1 : 3).

Таблица 4

#### Зависимость свойств образцов ТММ от степени помола

Порядковый номер образца	Образец ТММ	Степень помола, °ШР	Минеральные вещества, %	Карбоксильные группы, %	Длина волокна, мм
1	1-й размол	24	–	0,30	1,90
2	2-й размол	53	0,07	0,37	1,50
3	Сортированная	71	–	0,50	1,30
4	Отходы	69	0,63	0,41	1,40

Таблица 5

#### Зависимость адсорбции ионов кальция образцами ТММ от pH буферного раствора

Порядковый номер образца	Адсорбция, мг-экв, $\text{Ca}^{2+}/100 \text{ г}$ абс. сухой массы, при pH буферного раствора				
	3,0	3,5	4,7	5,3	6,8
1	1,41	2,22	5,79	6,11	7,62
2	1,15	2,29	6,04	6,63	7,28
3	–	3,10	8,40	9,50	11,15
4	3,88	3,20	9,39	9,91	12,04

Как видно из приведенных в табл. 5 данных, при повышении степени помола адсорбционная способность ТММ практически не меняется, отбелка и сортирование полуфабриката, а также размол отходов сортирования увеличивают сорбционную способность, что может быть связано с некоторым повышением содержания карбоксильных групп в этих образцах.

По графической зависимости адсорбции  $G$  от величины рН равновесных растворов ( $G - \text{pH}$ ) была рассчитана величина внутренней удельной поверхности [9]:

$$S_{\text{уд}} = 83,6 dG / d\text{pH}.$$

Наряду с внутренней определяли внешнюю удельную поверхность волокон ТММ. На основании этих данных графическим путем находили удельный объем набухшей массы.

Как видно из данных табл. 6, после второй ступени размола происходит незначительный рост внутренней и внешней поверхности волокон ТММ, а также степени их гидратации. После отбелки и сортирования ТММ наблюдается более значительное увеличение этих показателей.

Исходя из величин внутренней удельной поверхности и содержания карбоксильных групп ТММ, рассчитывали поверхностную плотность заряда  $\eta_0$ , а затем по уравнению Гуи [9] – поверхностный (термодинамический) потенциал  $\psi_0$ . Как видно из полученных данных (табл. 7), значения поверхностного потенциала для всех образцов ТММ практически одинаковы.

Таблица 6

#### Удельная поверхность образцов ТММ

Порядковый номер образца	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г абс. сухой массы		Удельный объем набухшей массы $\alpha \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup> /г
	внутренняя (по адсорбции Ca <sup>2+</sup> )	внешняя (по фильтрации H <sub>2</sub> O)	
1	200	2,22	2,80
2	225	2,85	3,62
3	283	3,77	4,85
4	250	2,39	3,16

Таблица 7

#### Поверхностный заряд и термодинамический потенциал образцов ТММ

Порядковый номер образца	Поверхностная плотность заряда, кл/м <sup>2</sup>	Термодинамический потенциал, мВ
1	3,40	263
2	3,60	266
3	3,78	268
4	3,43	263

Поверхностная электрическая проводимость, обусловленная избытком ионов в двойном электрическом слое, увеличивается после размола и, особенно, после первой ступени отбели и сортирования для образца 3 и дополнительного размола для образца 4, что связано с их большей удельной поверхностью и меньшей длиной волокна.

Проведенные исследования электроповерхностных свойств ТММ показали, что образцы после сортирования (образцы 3 и 4) обладают более развитой удельной поверхностью и наибольшей степенью гидратации по сравнению с другими образцами. Значения термодинамического потенциала разных образцов ТММ отличаются незначительно.

Результаты исследования физико-химических и электроповерхностных свойств выделенных фракций ТММ позволяют сделать заключение о доминирующем влиянии коротковолокнистых фракций на свойства МДМ. Волокна фракции I, являющиеся самыми длинными, из-за недостаточной разработки поверхности не способны создать прочное бумажное полотно. Основным способом улучшения бумагообразующих свойств и повышения качества МДМ без значительного повышения ее себестоимости является обработка химическими реагентами, позволяющая повысить механическую прочность, белизну, стабильность белизны и облагородить ее, снизив содержание костры и устранив сорность [8]. В результате обработки МДМ сульфитом натрия происходят изменения свойств ее фракций, в том числе и коротковолокнистой, которая обуславливает высокую непрозрачность бумажного полотна, сомкнутость и гладкость его поверхности, впитываемость типографской краски. Данную фракцию необходимо сохранять в неизменном состоянии, а обработке подвергать только грубые, жесткие волокна длинноволокнистой фракции, содержащейся в МДМ в количестве от 8 до 70 % [8]. В промышленных условиях фракционирование МДМ осуществить достаточно сложно без использования специального оборудования. Поэтому от идеи обработки химическими реагентами длинноволокнистой фракции перешли к обработке отходов сортирования МДМ [8].

Обработка длинноволокнистой фракции ТММ сульфитом натрия влияет на изменение химического состава и физико-химических свойств массы (табл. 8). Незначительно уменьшается содержание лигнина, легкогидролизуемых веществ, метоксильных групп, увеличивается водоудерживающая способность, полная и внешняя удельная поверхность, содержание карбоксильных групп, значительно снижается содержание экстрактивных веществ. Данные химического анализа модифицированных волокон ТММ подтверждаются результатами спектрального анализа. Увеличению содержания карбоксильных групп в модифицированных волокнах на 27 % соответствует уменьшение интенсивности полосы поглощения при  $1750 \text{ см}^{-1}$  в ИК-спектре, изменению содержания метоксильных групп – при  $1200 \dots 1300 \text{ см}^{-1}$ .

Изучено изменение поверхностных свойств отходов сортирования ТММ после их обработки  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  [5]. Определены адсорбционная способность по отношению к иону  $\text{Ca}^{2+}$ , а также внутренняя и внешняя удельные

Таблица 8

**Влияние обработки длинноволокнистой фракции сульфитом натрия на химический состав и физико-химические свойства ТММ**

Показатели	Значения показателей массы		
	до обработки	после термогидролитической обработки	после обработки Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
Массовая доля, %:			
лигнина	24,7	24,4	24,1
легкогидролизуемых веществ	16,9	15,4	15,8
экстрактивных веществ	2,3	2,0	1,1
карбоксильных групп	0,19	0,21	0,26
метоксильных групп	4,1	3,9	3,3
Водоудержание, %	98	113	127
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г:			
внутренняя	129	144	176
внешняя	16	19	25

Таблица 9

**Влияние обработки при различной температуре на химический состав и поверхностные свойства образцов модифицированной ТММ**

Образец ТММ	Минеральные вещества, %	Карбоксильные группы, %	Метоксильные группы, %	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г		Удельный объем набухшей массы α · 10 <sup>6</sup> , м <sup>3</sup> /г
				внутренняя (по адсорбции Ca <sup>2+</sup> )	внешняя (по фильтрации воды)	
Исходный	1,51	0,41	4,21	342,3	3,00	3,94
Модифицированный при температуре, °С:						
80	<u>1,22</u> 1,33	<u>0,51</u> 0,39	<u>4,25</u> 4,65	<u>408,5</u> 325,3	<u>2,81</u> 3,66	<u>2,98</u> 2,72
100	<u>1,11</u> 1,06	<u>0,52</u> 0,39	<u>4,18</u> 4,54	<u>305,5</u> 353,6	<u>3,09</u> 3,70	<u>2,99</u> 2,94
120	<u>1,52</u> 1,21	<u>0,54</u> 0,49	— 4,28	<u>346,2</u> 341,1	<u>3,07</u> 3,24	<u>3,51</u> 3,40
140	<u>1,18</u> 1,19	<u>0,63</u> 0,51	<u>4,11</u> —	<u>306,8</u> 360,0	<u>3,20</u> 2,88	<u>3,29</u> 3,49
160	<u>1,13</u> 1,02	<u>0,75</u> 0,47	<u>4,06</u> 4,20	<u>357,3</u> 338,5	<u>3,73</u> 3,41	<u>3,21</u> 3,61
180	<u>1,07</u> 1,08	<u>0,82</u> 0,46	<u>4,00</u> 4,20	<u>358,0</u> 315,3	<u>3,79</u> 3,74	<u>3,52</u> 3,36

поверхности образцов массы, полученных путем обработки сульфитом натрия отходов сортирования ТММ (табл. 9). В эксперименте варьировали расход Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> и температуру. Для сравнения исследовали исходный образец ТММ. Предварительно все образцы обезоливали двукратной обработкой

кой 0,1 н раствором соляной кислоты и тщательно промывали дистиллированной водой. В образцах влажностью 75 ... 80 % определяли содержание минеральных веществ, метоксильных групп по методу Цейзеля [2] и карбоксильных групп по Веберу [3].

Как видно из приведенных данных, при обработке отходов сортирования ТММ сульфитом натрия в количестве 10 % к массе абс. сухого вещества с возрастанием температуры содержание карбоксильных групп увеличивается, а при обработке  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в количестве 2 % – изменяется незначительно.

Содержание метоксильных групп в образцах ТММ, обработанных  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , уменьшается с ростом температуры, что указывает на некоторое снижение массовой доли лигнина.

Определены удельные поверхности образцов и удельный объем массы (табл. 9). Как видно из таблицы, внутренняя удельная поверхность различных образцов массы, полученных путем обработки сульфитом натрия отходов сортирования ТММ при различных температурных режимах, практически не отличается и в среднем близка к удельной поверхности исходного образца ТММ. Внутренняя удельная поверхность образцов также близка к показателям немодифицированного образца ТММ. Для образцов, обработанных сульфитом натрия в количестве 10 %, отмечено возрастание удельной поверхности с повышением температуры обработки, что свидетельствует о некотором разрыхлении волокнистой структуры ТММ. Удельный объем набухших волокон образцов массы с повышением температуры обработки имеет тенденцию к росту при различном количестве сульфита натрия. У модифицированных образцов этот показатель ниже по сравнению с исходным образцом, что связано с предварительным переводом массы в Н-форму, которая менее гидратирована, чем Na-форма.

Результаты изучения адсорбционной способности различных образцов массы по отношению к иону кальция в зависимости от активной кислотности 0,1 н ацетатных буферных растворов, полученные по методике [6] и интерполированные к одинаковым значениям рН, представлены в табл. 10. Количество адсорбированного кальция определяли комплексонометрическим титрованием [10] после сжигания образцов массы и растворения золы в  $\text{HCl}$  (1 : 3). Анализ данных табл. 10 показал, что адсорбция образцов ТММ после химической обработки волокон возрастает по сравнению с исходным, причем в большей степени для тех, которые обработаны сульфитом натрия в количестве 10 %, что связано с большим содержанием в них карбоксильных групп.

Таким образом, проведенные исследования показали, что поверхностные свойства в наибольшей степени варьируются у образцов, обработанных  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в количестве 10 %. Для этих образцов отмечено и более заметное влияние температуры на изменение поверхностных свойств волокон.

Таблица 10

**Зависимость адсорбции ионов кальция образцами модифицированной ТММ от pH буферного раствора**

рН буферного раствора	Адсорбция, мг-экв $\text{Ca}^{2+}$ /100 г абс. сухой массы, образцом						
	исходным	модифицированным при температуре, °С					
		80	100	120	140	160	180
2,5	0,7	<u>1,0</u>	<u>3,7</u>	<u>5,2</u>	<u>7,6</u>	<u>10,2</u>	<u>12,3</u>
		2,9	2,3	3,0	2,8	3,2	2,3
3,0	2,7	<u>3,5</u>	<u>5,7</u>	<u>7,3</u>	<u>9,4</u>	<u>12,3</u>	<u>14,5</u>
		4,9	4,4	5,0	4,95	5,2	4,2
3,5	4,8	<u>6,0</u>	<u>7,6</u>	<u>9,4</u>	<u>11,3</u>	<u>14,5</u>	<u>16,7</u>
		6,9	6,5	7,1	7,1	7,2	6,1
4,0	6,8	<u>8,4</u>	<u>9,6</u>	<u>11,4</u>	<u>13,1</u>	<u>16,6</u>	<u>18,8</u>
		8,8	8,6	9,1	9,2	9,2	8,0
4,5	8,9	<u>10,7</u>	<u>11,5</u>	<u>13,5</u>	<u>15,0</u>	<u>18,8</u>	<u>20,9</u>
		10,7	10,7	11,1	11,4	11,2	9,8
5,0	10,9	<u>13,2</u>	<u>13,5</u>	<u>15,6</u>	<u>16,8</u>	<u>20,9</u>	<u>23,0</u>
		12,7	12,8	13,2	13,5	13,2	11,7

Примечание. В числителе приведены данные для образцов, обработанных  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (расход 10 % к массе абс. сухого вещества), в знаменателе – расход 2 %.

*Выводы*

Рассмотрение физико-химических и электроповерхностных свойств ТММ позволило установить доминирующее влияние коротковолокнистой фракции на бумагообразующие свойства массы. Обработка отходов сортирования ТММ сульфитом натрия позволяет улучшить поверхностные и бумагообразующие свойства ТММ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградова Л.Г.* и др. Электроповерхностные свойства фракций небеленой сульфатной целлюлозы // Химическая переработка древесины и древесных отходов: Межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА. – Л., 1987. – С. 78–82.
2. *Закис Г.Ф., Можейко Л.Н., Тельшева Г.М.* Методы определения функциональных групп лигнина. – Рига: Зинатне, 1975. – С. 16.
3. *Оболенская А.В.* Практические работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 411 с.
4. Поверхностные свойства различных фракций термомеханической массы / Л.Г. Виноградова, С.С. Пузырев, М.К. Федоров, Е.В. Чельшева // Химия и технология целлюлозы и полуцеллюлозы: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: РИО ЛТА, 1989. – С. 22–23.
5. Поверхностные свойства химико-термомеханической массы / Л.Г. Виноградова, Н.Е. Дронова, С.С. Пузырев и др. // Химическая переработка древесины: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: РИО ЛТА, 1992. – С. 52–55.

6. Поверхностные свойства целлюлозы после сухого размола / Т.Б. Брегадзе, Л.Г. Виноградова, Г.В. Гилев, М.К. Федоров // ЖПХ. – 1985. – № 7. – С. 1577–1582.

7. Пузырев С.С. Влияние технологических операций на бумагообразующие и электроповерхностные свойства ТММ // Целлюлоза, бумага, картон. – 2000. – № 9–10. – С. 22–25.

8. Пузырев С.С. Совершенствование технологии механической массы при использовании химических реагентов // Обзор. информ. ЦИНТИхимнефтемаш. – М., 1989. – 68 с.

9. Трухтенкова А.Л., Юрьев В.И. К вопросу о термодинамическом потенциале целлюлозы // Химия и технология целлюлозы. – 1978. – № 6. – С. 651–655.

10. Шверценбах Г., Флошкина Г. Комплексонометрическое титрование. – М.: Химия, 1970. – 360 с.

11. Effect of fines quality on paper properties – new aspects / M. Rundlöf, H. Höglund, M. Htun, L. Wågberg // IMPC. – 1995. – P. 109–118.

12. Robertson A.A., Mason S.F. Specific surface of cellulose fibres by the liquid permeability method // Pulp and Paper Magazine of Canada. – 1949. – Vol.50, N1. – P. 13-26.

С.-Петербургская лесотехническая академия

Поступила 25.01.01

*S.S. Puzyrev, M.K. Fedorov, Z.V. Klimenko*

### **Physiochemical and Electrosurface Properties of TMM**

The study results of physiochemical and electro-surface properties of thermo-mechanical mass and wastes of its sorting are presented, as well as the ones of the treatment of sorting wastes of TMM by sodium sulfite (discharge of 2 and 10% to the mass of absolute dry substance) under different temperature.

---

УДК 676.11.082.3

***В.В. Заляжных***

Заляжных Владимир Васильевич родился в 1960 г., окончил в 1982 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации, метрологии и сертификации Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных трудов в области биохимической переработки растительного сырья, гидролизных сред и сульфитных щелоков.

**ВЛИЯНИЕ АНИОНИТНОЙ ОБРАБОТКИ СУЛЬФИТНОГО ЩЕЛОКА НА ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ БРАЖНОГО ДИСТИЛЛЯТА**

Показано, что бражный дистиллят из сульфитного щелока, обработанного анионитом АН-31, содержит примесей, ухудшающих качество товарного спирта, значительно меньше, чем полученный при продувке паром и воздухом.

щелок сульфитный, анионитная обработка, сбраживание, бражный дистиллят.

Традиционные способы подготовки сульфитного щелока к биохимической переработке (например продувка паром и воздухом), отличаясь большой энергоемкостью, не обеспечивают высокой степени десульфитации, что обуславливает низкое качество вырабатываемого из него спирта. Высокая степень десульфитации (с целью биосинтеза антибиотиков) достигается при обработке щелока по следующим схемам: продувка паром – подкисление серной кислотой – вторая продувка паром; подкисление серной кислотой – продувка паром [5]. Однако такой способ не менее энергоемок и, кроме того, связан со значительным расходом серной кислоты.

Ранее нами предложено [2] проводить десульфитацию путем обработки сырого щелока анионитами. При этом возможно получение сушла с низким содержанием соединений  $SO_2$ . Кроме того, в обработанном анионитом щелоке снижается содержание тиосульфат-иона – возможного источника сероводорода, придающего неприятный запах товарному спирту [6]. С учетом низкой энергоемкости и возможности получения технических лигносульфонатов высокого качества [3] такой способ подготовки сульфитного щелока к биохимической переработке может быть оценен как достаточно перспективный.

В настоящей статье представлены результаты исследования влияния ионообменной и традиционной (продувка паром и воздухом) десульфитации щелока на содержание в бражном дистилляте примесей, ухудшающих качество товарного спирта.

Для экспериментов использовали щелок от кислых сульфитных варок Архангельского ЦБК. Ионообменную десульфитацию щелока аниони-

том АН-31 проводили по методике, изложенной в [6] (удельная нагрузка на ионит 28,6 м<sup>3</sup>/(т·ч) или 9л/(л·ч), гидромодуль 43). В традиционной технологии использовали продувку паром в течение 2 мин при температуре кипения с последующей часовой продувкой воздухом при температуре  $t = 80 \dots 90$  °С. После нейтрализации сусло сбраживали при  $t = 31 \dots 33$  °С периодическим способом в течение 22 ч дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*. После отделения дрожжей из спиртовой бражки отгоняли дистиллят в количестве 50 % от объема.

Бражку исследовали по общепринятым методикам на кислотность, содержание РВ, SO<sub>2</sub> [1], спирт в ней определяли флотационным методом [1], альдегиды в дистилляте – с гидроксиламином [1] при вторичной отгонке (в количестве 50 % от объема) с добавкой 1 мл 10 %-го NaOH на 50 мл дистил-

Таблица 1

Вид обработки	рН	Сумма соединений SO <sub>2</sub>	Фурфурол
		%	
Сырой щелок	2,70	0,315	0,024
Продувка паром и воздухом	3,30	0,242	0,018
Ионирование	6,05	0,136	0,015

лята, фурфурол в щелоках и дистиллятах – по оптической плотности при длине волны 280 нм [4]. Из щелоков фурфурол отгоняли с паром по известным методикам, а бражной дистиллят фотометрировали непосредственно, разбавляя его 0,1 н раствором NaOH для разрушения фурфуролбисульфитного соединения. Необходимость создания щелочной среды в этом случае подтверждается следующим: оптическая плотность раствора фурфуrolа при 280 нм составляет 0,590, после введения в него 0,25 г/л сульфита натрия и подкисления до рН 4 она снижается до 0,135, но после подщелачивания до концентрации 0,1 н (по NaOH) оптическая плотность вновь возрастает до 0,580 (с учетом разбавления раствора), т. е. почти до исходной величины.

Для сравнительной оценки легко окисляемые вещества в дистиллятах оттитровывали 0,01 н раствором KmnO<sub>4</sub> до устойчивой окраски, не исчезающей в течение 20 ... 30 с.

Как видно из представленных в табл. 1 данных, ионированный щелок содержит соединений SO<sub>2</sub> значительно меньше, чем подготовленный по традиционной технологии. Кроме того, фурфуrolа в ионированном щелоке на 25 % меньше, чем в сыром, и почти столько же, как в щелоке, продутом паром и воздухом. Исходя из этого, можно предположить, что ионит в числе других компонентов щелока поглощает и фурфурол, возможно в виде альдегидбисульфитного соединения.

Ионированный щелок подкисляли серной кислотой до рН 4,5 и вводили питательные соли: NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (60 мг/л по P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (20 мг/л по азоту). Продуемый паром и воздухом щелок подщелачивали раствором аммиака до рН 4,55 и добавляли NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (60 мг/л по P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Оба продукта сбраживали на спирт.

Как видно из данных табл. 2, содержание общих РВ в ионированном щелоке несколько меньше, чем в продутом паром и воздухом. Возможные причины этого – сорбция ионитом части лигносульфонатов и альдегидбисульфитных соединений, распад части сахаров при ионировании щелока

Таблица 2

Порядковый номер опыта	Вид обработки щелока	Сусло		Спиртовая бражка			Выход спирта, л/100 кг РВ	
		РВ, %	рН	РВ, %	рН	Спирт, % об.	сброженных	общих
1	Продувка	2,94	4,55	1,66	4,35	0,68	53,1	23,1
2	«	2,94	4,55	1,66	4,40	0,68	53,1	23,1
3	Ионирование	2,83	4,55	1,50	4,50	0,71	53,4	25,1
4	«	2,83	4,55	4,50	1,50	0,71	53,4	25,1

Таблица 3

Порядковый номер опыта	Вид обработки щелока	Соединения SO <sub>2</sub> , %			Кислотность, мг-экв/л	Легко окисляемые вещества, мг O <sub>2</sub> /л	Фурфурол	Альдегиды по CH <sub>3</sub> CHO
		Непосредственно титруемые	Легко отщепляемые	Сумма				
1	Продувка	0,015	0,017	0,032	16	25,6	40	176
2	«	0,014	0,016	0,030	15	22,4	39	168
3	Ионирование	0,004	0,015	0,019	11	7,2	20	145
4	«	0,004	0,016	0,020	10	7,2	19	145

вследствие высокой величины рН и некоторое разбавление щелока водой, находившейся в колонке с ионитом. Выход спирта из ионированного щелока несколько выше, чем из продутого паром и воздухом, однако при доверительной вероятности 0,95 разница в значениях не превышает погрешности метода, т. е. не является значимой. Концентрация спирта в бражке после сбраживания ионированного щелока выше, чем у продутого паром и воздухом, причем эта разница выше погрешности метода определения.

Как видно из представленных в табл. 3 данных, полученный при отгонке 50 % (от объема) бражки дистиллят из ионированного щелока (опыты 3 и 4), содержит значительно меньше загрязняющих примесей, чем дистиллят из щелока, продутого паром и воздухом (опыты 1 и 2). Следует отметить, что дистиллят опытов 1 и 2 имел резкий запах, а дистиллят опытов 3 и 4 – более слабый.

По-видимому, при уменьшении гидромодуля ионообменной обработки щелока и (или) удельной нагрузки на ионит возможно получение еще менее загрязненного дистиллята.

Таким образом, можно ожидать, что анионообменная обработка сульфитного щелока позволит повысить качество вырабатываемого из него спирта при сокращении расхода NaOH для нейтрализации кислот в спиртовой колонне и снижении количества побочных продуктов перегонки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянова Е.З. Химико-технический контроль гидролизных производств. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 328 с.
2. Заляжных В.В. Обработка сульфитного щелока анионитом АН-31 // Лесн. журн. – 2000. – № 5–6. – С. 158-165. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Заляжных В.В. Поглощение лигносульфоновых кислот при обработке сульфитных щелоков анионитом АН-31 // Лесн. журн. – 2001. – № 1. – С. 120-124. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Инструкция по химико-техническому контролю гидролизного производства для научно-исследовательских групп ЦЗЛ: Отчет по теме 6/7 за 1979 г. – Л.: ВНИИгидролиз, 1980. – С. 105-106.
5. Сапотницкий С.А., Глуценко Н.В. Облагораживание сульфитного щелока для биосинтеза антибиотиков // Сб. тр. НИИГС. – 1963. – Т.11. – С. 102-105.
6. Шарков В.И. Гидролизное производство. – Том 3. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950. – 552 с.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 21.05.97

*V.V. Zalyazhnykh*

### **Influence of Anion Treatment of the Sulfite Liquor on the Wash Distillate Pollution**

Wash distillate obtained by treatment of sulfite liquor with anion resin AN-31 is shown to contain much less, additions worsening the quality of the commercial alcohol than the one produced by air- and vapor-blowing.

---

УДК 630\*86:631.571:66.061.3

**Е.В. Школьников, Г.Ф. Ананьева**

Школьников Евгений Васильевич родился в 1939 г., окончил в 1962 г. Ленинградский государственный университет, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой неорганической и аналитической химии С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 180 научных трудов в области коррозии оборудования и аналитического контроля химической переработки древесного сырья.



### **КИНЕТИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КОРЫ ЕЛИ И СОСНЫ ПРИ ВОДНО-ЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ**

Исследована кинетика экстрагирования сухой коры ели и сосны в водном растворе сульфита натрия при различной температуре; определены константы скорости и энергии активации ступенчатых процессов собственно экстракции и гидролиза с накоплением редуцирующих веществ, танинов и органических кислот.

кора хвойных, водная экстракция, кинетика.

Для разработки перспективных химических способов использования древесной коры целесообразны исследования кинетики накопления и состава продуктов экстрагирования-гидролиза фракционированной коры водой и водными растворами. Ранее [4] сообщались результаты исследований по выделению водорастворимых веществ из коры ели и сосны при водной и сернокислотной обработках. В работе [1] изучена динамика водного экстрагирования коры сосны и осины.

#### *Методическая часть*

Исследован процесс экстрагирования-гидролиза коры при щелочной водно-солевой обработке в течение 0,5 ... 24,0 ч и температурах 40, 80 и 100 °С. Образцы коры получены при сухой осенней окорке центральной части ствола ели *Picea excelsa* (140 лет) и сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. (88 лет), заготовленных в Лисинском лесхозе Ленинградской области. Методики подготовки коры и кинетического исследования экстрагирования-гидролиза измельченной коры (луб и корка) опубликованы ранее [4]. Обработка коры проведена в автоклавах при гидромодуле 7 свежим водным раствором сульфита натрия (4,2 г  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ /л,  $\text{pH}_{\text{исх}}$  9,4), стабилизированным антиокислительной добавкой гидрохинона (0,001 %). Кроме того, использовали водные растворы  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  (0,01 М,  $\text{pH}_{\text{исх}}$  9,2) и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (0,1 М,  $\text{pH}_{\text{исх}}$  9,9).

## Обсуждение результатов

Экспериментальные данные поэтапной водно-щелочной обработки еловой и сосновой коры представлены на рис. 1 и в табл. 1. Для сравнения на рис. 1 приведены также изотермы (кривые 1–4) обработки коры дистиллированной водой. Характер изотерм выхода сухих водоэкстрактивных веществ (ВЭВ) и результаты химического анализа\* уточнялись путем постановки повторных и дополнительных опытов.

Как следует из рис. 1, накопление ВЭВ ( $G$  – сухой остаток, % от массы абс. сухой коры) при щелочной водно-солевой обработке происходит интенсивнее, чем при водной обработке еловой (кривые 4 и 4') и, особенно, сосновой (кривые 2, 3 и 2', 3') коры. При водно-сульфитной обработке

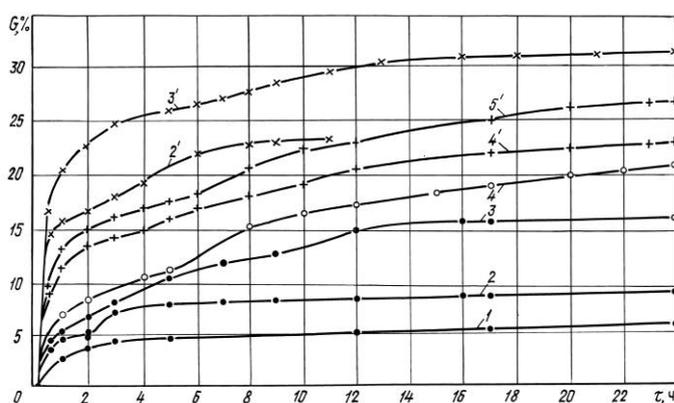


Рис. 1. Изотермы выхода ВЭВ при водной (1 – 4) и водно-сульфитной (2' – 5') обработках коры (гидромодуль 7) сосны (1 – 3, 2', 3') и ели (4, 4', 5'): 1 – температура  $t = 40$  °C; 2, 2', 4, 4' – 80; 3, 3', 5' – 100 °C; 1 – 4 – длина частиц фракции  $l = 3 \dots 7$  мм; 2' – 5' – 3...5 мм еловой коры (фракция с длиной частиц  $l = 3 \dots 5$  мм) выход ВЭВ за первые 4 ч при температуре  $t = 40, 80$  и 100 °C составляет примерно 10,0; 15,0 и 17,0 % от массы абс. сухой коры, за 12 ч – соответственно 12,5; 21,0 и 23,0 %, за 24 ч – соответственно 13,5; 23,0 и 26,0 %. Из крупнодисперсной фракции коры ( $l = 5 \dots 10$  мм) выделение ВЭВ происходит медленнее, чем из мелкодисперсной ( $l = 0,25 \dots 0,50$  мм) и средней ( $l = 3 \dots 5$  мм) фракций. Наиболее существенное влияние степени измельчения коры наблюдается на первых этапах (пропитка) обработки коры (табл. 1).

\* Данные Г.Н. Мальцевой.

Таблица 1

**Характеристика экстрактов-гидролизатов еловой и сосновой коры,  
полученных при обработке щелочными водно-солевыми растворами**

Экстрагент	Условия обработки		Длина частиц коры, мм	рН	G	РВ	Т	ОК
	Температура, °С	Продолжительность, ч						
Кора ели								
0,033 М Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (рН <sub>исх</sub> 9,4)	40	24	5...10	7,2	10,6	4,9	2,2	–
			3...5	6,8	13,3	5,8	2,4	–
	80	24	5...10	5,2	21,5	7,4	4,1	–
			3...5	4,8	23,0	6,7	5,2	–
	100	2	5...10	7,0	11,3	2,1	1,7	–
			0,25...0,50	6,9	15,0	8,4	3,6	–
		8	0,25...0,50	6,8	20,5	9,1	4,9	–
		12	0,25...0,50	6,7	24,9	8,4	6,9	–
0,01 М Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> (рН <sub>исх</sub> 9,2)	100	24	1...3	5,2	23,0	3,5	7,3	–
0,1 М Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (рН <sub>исх</sub> 9,9)	100	24	1...3	6,7	27,5	3,9	7,6	–
Кора сосны								
0,033 М Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (рН <sub>исх</sub> 9,4)	40	0,5	3...5	7,1	5,1	1,9	1,8	–
				7,1	8,1	2,1	2,6	1,3
				6,4	12,3	4,6	2,9	–
				6,6	14,3	4,9	2,9	–
	80	0,5	3...5	6,7	14,7	3,7	2,3	1,6
				6,3	16,4	4,4	2,7	1,9
				6,1	23,0	4,9	2,8	1,8
				6,0	23,1	6,3	3,1	1,7
	100	0,5	3...5	6,7	16,5	4,6	1,9	1,7
				6,5	22,5	6,7	2,8	1,8
				6,1	27,7	8,1	3,9	1,9
				6,0	30,7	8,8	7,0	1,9
0,01 М Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> (рН <sub>исх</sub> 9,2)	100	8	3...5	5,2	17,9	3,0	2,4	1,5
0,1 М Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (рН <sub>исх</sub> 9,9)	100	8	3...5	6,7	14,8	4,0	3,1	3,8

В водно-сульфитных экстрактах еловой коры (продолжительность  $\tau = 24$  ч,  $t = 40 \dots 100$  °С) отмечали постепенное накопление редуцирующих веществ (РВ: 7 ... 13 г/л, или 5 ... 9 % от массы абс. сухой коры), таннидов (Т: 3 ... 10 г/л, или 2 ... 7 %) и органических кислот (ОК), понижающих рН до 7,2 ... 4,8. Содержание таннидов в водно-солевых экстрактах еловой коры (табл. 1) значительно выше, чем в водных и сернокислотных [4].

При экстракции сосновой коры слабощелочным раствором сульфита натрия в отличие от водной обработки выход ВЭВ больше, чем из еловой

коры (рис. 1, табл. 1) и за первые 4 ч в диапазоне исследуемых температур 40 ... 100 °С составляет примерно 10, 19 и 25 %, за 12 ч – соответственно 12,5, 23 и 30 %. В водно-сульфитных экстрактах сосновой коры ( $t = 40 \dots 100$  °С,  $\tau = 24$  ч) отмечено (табл. 1) накопление РВ (7 ... 12 г/л, или 5 ... 9 %), таннидов (2,9 ... 7,0 % от массы абс. сухой коры) и органических кислот (1,6 ... 1,9 %), понижающих рН до 6,3 ... 6,0. При этом за первые 8 ч выделено 60 ... 90 % РВ и таннидов. Накопление органических кислот происходит в основном за первые 0,5 ч обработки при 40 ... 100 °С. Содержание таннидов в водно-сульфитных экстрактах сосновой коры значительно выше, чем в водных, сернокислотных [4], водно-фосфатных и боратных экстрактах (табл. 1). По-видимому, это связано с химическими процессами сульфитирования, повышающими растворимость конденсированных таннидов и флобафенов в водных слабощелочных средах [2]. Щелочная обработка модифицирует структуру высокомолекулярных таннидов, придавая им свойства слабых фенолокислот с ОН-группами [5].

Кинетический анализ изотермического экстрагирования-гидролиза коры проводили методом сечения кинетических кривых [4] и с использованием исследования сопряженных необратимых реакций первого порядка при гидролизе полисахаридов [3]. На изотермах  $G - \tau$  водной и водно-сульфитной обработок коры при 80 и 100 °С отмечены заметно перекрывающиеся две ступени, или стадии (рис. 1). Методом сечения изотерм  $G - \tau$  при  $G = \text{const}$  из графических зависимостей  $\ln \tau_G - T^{-1}$  определена эффективная энергия активации  $E_a$  преимущественно экстрагирования ( $G < 10$  % от массы абс. сухой коры) и гидролиза ( $G = 10 \dots 20$  %) коры. Из табл. 2 видно, что  $E_a$  и температурный коэффициент Вант-Гоффа  $\gamma$  возрастают при переходе  $G = 10 \rightarrow 20$  %.

Полулогарифмические анаморфозы  $\ln P - \tau$  (где  $P$  – степень незавершенности общего процесса экстрагирования-гидролиза коры [3, 4]) как при водной, так и при сернокислотной обработке еловой и сосновой коры [4] имеют по крайней мере два практически прямолинейных участка. Начальный короткий участок ( $\tau \leq 7$  ч при 40 °С,  $\tau \leq 1$  ч при 100 °С) соответствует более быстрой стадии I преимущественно экстрагирования. Как видно из данных химического анализа (см. табл. 1), на этой стадии извлекается основная часть таннидов и частично РВ, в том числе свободные сахара [2, 4]. Стадия I преобладает при низких температурах водной обработки ( $t \leq 70$  °С). Обработка при  $t \geq 80$  °С резко увеличивает выход ВЭВ и

Таблица 2

**Эффективная энергия активации и температурный коэффициент  
экстрагирования-гидролиза еловой и сосновой коры при обработке водой  
и 0,033 М раствором сульфита натрия**

Сухой остаток, % от массы абс. сухой коры	Температура, °С	Эффективная энергия активации, кДж/моль		Температурный коэффициент	
		H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
Кора ели					
5,0	40...120	27	–	1,30	–
7,5	40...80	31	38	1,34	1,50
	80...100	30	18	1,33	1,17
10,0	40...100	32	35	1,34	1,40
17,5	80...100	52	36	1,62	1,41
20,0	80...100	–	40	–	1,43
Кора сосны					
5,0	40...100	41	24	1,47	1,27
7,5	40...100	–	29	–	1,34
10,0	40...80	–	58	–	1,89
15,0	40...80	–	77	–	2,31
	100...120	36	–	1,33	–
20,0	80...100	–	84	–	2,16

изменяет характер изотерм (рис. 1). Известно [1], что при  $t = 100$  °С происходит гидролиз лигноуглеводного комплекса сосновой коры с увеличением содержания пентоз за счет уменьшения массовой доли гексоз в моносахаридах.

На стадии II экстрагирования-гидролиза ( $t = 40 \dots 80$  °С) или преимущественно гидролиза ( $t > 80$  °С) происходит накопление РВ, таннидов и органических кислот с понижением рН (табл. 1). При водно-сульфитной обработке коры протекают сопряженные процессы собственно экстрагирования, щелочного (рН > 7) и кислотного (рН < 7) гидролиза образующимися органическими кислотами.

По прямолинейным участкам изотерм  $\ln P - \tau$  определены константы скорости превращения первого порядка  $k$ , а из зависимостей  $\ln k - T^{-1}$  (рис. 2) – экспериментальные энергии активации на быстрой стадии I преимущественно физических процессов экстрагирования ( $E'_a = 8 \dots 14$  кДж/моль) и на медленной стадии II экстрагирования-гидролиза ( $t \leq 80$  °С) или преимущественно гидролиза ( $t > 80$  °С) с более энергоемкими диффузионно-химическими процессами (для сосновой и еловой коры соот-

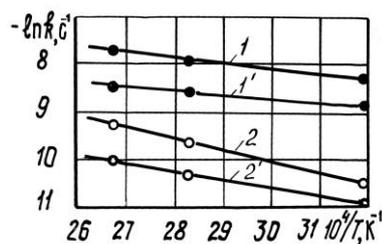


Рис. 2. Температурные зависимости констант скорости выделения ВЭВ на стадиях I (1, 1') и II (2, 2') при водной (1, 2) и водно-сульфитной (1', 2') обработках сосновой коры

ветственно  $E''_a \geq 20$  кДж/моль и  $E''_a = 40 \dots 60$  кДж/моль). При 40 °С стадия экстрагирования вносит основной вклад (70 ... 80 % от  $G$ ) в накопление ВЭВ при обработке еловой и сосновой коры водой и водными растворами.

#### Выводы

1. При обработке коры ели и сосны раствором сульфита натрия на стадии I ( $t \leq 70$  °С) преобладают диффузионно контролируемые физические процессы экстрагирования таннидов, свободных сахаров и других ВЭВ, на стадии II ( $t > 80$  °С) – более энергоемкие структурно-химические превращения (в основном реакции гидролиза) с заметным накоплением РВ и органических кислот.

2. При обработке коры растворами солей, имеющими щелочную реакцию среды, процессы экстрагирования и, особенно, гидролиза протекают интенсивнее и обеспечивают более высокий выход ВЭВ, чем при водной и сернокислотной обработках.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика образования водоэкстрактивных веществ коры осины и сосны / В.М. Бодрова, З.А. Сергеева, Г.В. Каспарова, И.Г. Бейм // Химическая переработка древесины и древесных отходов: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1987. – С. 35–40.
2. Химия древесины / Под ред. Б.Л. Браунинга. – М.: Лесн. пром-сть, 1967. – 416 с.
3. Холькин Ю.И., Школьников Е.В., Елкин В.А. Кинетический анализ реакции гидролиза гемицеллюлоз // Химия древесины. – 1989. – № 2. – С. 21–24.
4. Школьников Е.В., Ананьева Г.Ф., Мальцева Г.Н. Кинетика выделения водорастворимых веществ из коры ели и сосны при водной и сернокислотной обработке // Лесн. журн. – 1996. – № 1–2. – С. 186–194. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Jars P.E. Chemistry of bark, wood and cellulosic chemistry. – New York and Basel, 1991. – P. 257–330.

С.-Петербургская лесотехническая академия

Поступила 6.09.99

*E.V. Shkol'nikov, G.F. Ananjeva*

#### **Kinetics of Water-soluble Agents Extraction from Spruce and Pine Bark under Water-alkaline Treatment**

The kinetics of dry spruce and pine bark extraction in the water solution of sodium sulfite has been studied at different temperatures. The rate and activation energy constants have been determined for the graded processes of the extraction itself and hydrolysis accompanied by accumulating the reducing agents, tannins and organic acids.

УДК 630\*861:547.992.3

**О.Ф. Горбунова, С.А. Вербицкая****О ВЗАИМОСВЯЗИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ  
СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА И ПРИВЕДЕННОГО ТОКА  
ПРИ ПОЛЯРОГРАФИРОВАНИИ**

Установлена зависимость между величиной молекулярной массы и силой приведенного полярографического тока для сульфатных лигнинов хвойной и лиственной древесины.

лигнины, полярография, молекулярная масса.

При исследовании лигнинов из сточных вод сульфатного производства нами была установлена взаимосвязь между величиной среднемассовой молекулярной массы  $\bar{M}_w$  (СММ) и силой полярографического тока  $I$  при потенциале  $-1,3 \dots -1,4$  В, что отразилось на высоте волны [5]. Было показано, что препараты лигнина с более высокой  $\bar{M}_w$  дают меньшие по высоте полярографические волны при потенциале  $-1,3$  В (рис. 1).

Предпринята попытка установить зависимость между молекулярной массой и силой приведенного тока при полярографировании щелочных сульфатных лигнинов из хвойной древесины в однокапельном переменноточном режиме в среде 0,05 М гидроксида-хлорида лития (1 : 1) [2]. При расчете приведенного тока [3] по формуле  $I = I_p / (m\tau)^{2/3} CV^{1/2}$  за  $\tau$  принимали полное время жизни капли. Сила тока при потенциале  $-1,3 \dots -1,4$  В для сульфатных лигнинов из хвойной древесины находилась в соответствии с уравнением диффузионного тока [3, 4].

Рис. 1. Полярограммы лигнина и лигнинных веществ из сточных вод и черного щелока СЦБК: 1 – фон; 2 – лигнин из стока после отбели ( $\bar{M}_w = 6400$ ); 3 – 6 – лигнинные (эфирорастворимые) вещества до (3 – 5500, 4 – 4500, 5 – 1700) и после (6 – 920) биологической очистки; 7 – лигнин из черного щелока (6800); 8 – лигнинные (эфирорастворимые) вещества из черного щелока (1600)

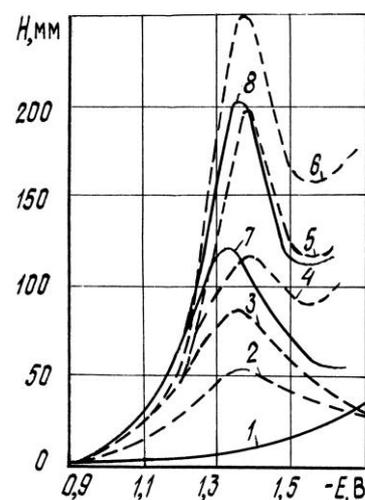


Таблица 1

**Характеристика лигнина, выделенного из ПЧЩ лиственного потока,  
и его фракций**

Образец, фракция лигнина, (выход, %)	Функциональные группы				Среднемас- совая молеку- лярная масса	Степень полидис- перности
	ОСН <sub>3</sub> , %	СО	СООН	ОН <sub>ф</sub>		
Исходный лиственный сульфатный лигнин (100,00)	15,93	1,53	1,38	2,39	2800	2,65
Ф1, БНР (38,80)	14,67	1,18	0,91	2,17	4800	2,94
Ф2, БРЭНР (9,92)	17,44	1,13	1,12	2,81	1510	1,54
Ф2 <sup>1</sup> , БРЭНР (16,52)	19,15	1,27	0,95	3,18	1890	1,51
Ф(2+3), БРЭР (11,57)	19,50	1,52	1,07	3,34	830	1,22
Ф3, ЭР (9,53)	18,64	1,47	0,78	3,34	1120	1,37
Ф3 <sup>1</sup> , ЭР (12,30)	19,02	1,86	0,61	3,27	720	1,23

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, 3, имеем: Б – бутанол, Э – эфиры, Р – растворимая фракция (Ф), НР – нерастворимая Ф.

При исследовании лигнинов из щелоков сульфатно- и натронно-антрахиноновых варок также отмечено влияние величины  $M_w$  на силу приведенного тока, однако добавки антрахинона снижали силу тока при потенциале  $-1,3$  В [5].

Для уточнения зависимости между силой тока при  $-1,3$  В и молекулярной массой были исследованы препараты лигнина, выделенного из полуупаренного черного щелока (ПЧЩ), полученного при варках лиственной древесины на АЦБК. В табл. 1 представлены характеристики исходного образца и полученных фракций лигнина. Полярографические исследования были выполнены при времени жизни капли  $\tau = 33$  с и времени задержки  $\tau_3 = 11,0; 1,1$  с ( $E = -1,3$  В). Если за  $\tau$  принимали полное время жизни ртутной капли, то при расчете силы приведенного тока получали заметно отличающиеся значения  $I_{прив}$ , что объясняется значительной разницей поверхности электрода (ртутной капли) в момент образования пика. Это различие составляло 33,0...46,0 % (табл. 2). Поэтому в дальнейшем (чтобы исключить

Таблица 2

**Влияние времени задержки на силу приведенного тока  
при полярографировании образцов сульфатного лигнина**

Образец	Высота пика, мм	Сила тока, мкА		Высота пика, мм	Сила тока, мкА		Расхож- дение, %
		пика	приведен- ного		пика	приведен- ного	
	$\tau_3 = 11,0$ с				$\tau_3 = 1,1$ с		
Исходный лиственный сульфатный лигнин	170,0	1,09	2,39	100,0	0,73	1,60	33,0
Ф1, БНР	130,0	0,83	1,96	68,0	0,50	1,09	44,4
Ф2, БРЭНР	172,0	1,10	2,35	81,5	0,60	1,38	45,9
Ф2 <sup>1</sup> , БРЭНР	178,0	1,14	2,61	85,0	0,62	1,42	45,6
Ф(2+3), БРЭР	200,0	1,28	3,02	97,0	0,71	1,67	44,0
Ф3, ЭР	207,0	1,32	3,17	98,0	0,72	1,72	45,7
Ф3 <sup>1</sup> , ЭР	208,0	1,33	2,97	116,0	0,85	1,90	36,0

Таблица 3

**Влияние использования времени от начала роста капли до образования пика при расчете приведенного тока в процессе полярографирования образцов сульфатного лигнина**

Образец	Сила приведенного тока, мкА		Расхождение, %	Коэффициент диффузии $D \cdot 10^6, \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$	Среднемассовая молекулярная масса
	I	II			
Лиственный лигнин					
Исходный	3,78	4,08	7,9	4,9	2 800
Ф1, БНР	2,73	2,78	1,0	2,3	4 800
Ф2, БРЭНР	3,81	3,53	7,3	4,1	1 500
Ф2 <sup>1</sup> , БРЭНР	3,90	3,62	7,2	4,3	1 900
Ф(2+3), БРЭР	4,52	4,26	5,7	5,8	1 120
Ф3, ЭР	4,74	4,38	7,5	6,3	720
Ф3 <sup>1</sup> , ЭР	4,80	4,85	1,0	6,8	830
Хвойный лигнин					
Исходный:					
3	2,96			2,8	6 800
2	3,01	2,75	7,1	2,8	7 200
1	2,82			2,5	8 300
БР:					
3 – 1	3,76			4,4	2 000
2 – 1	3,11	3,67	2,4	3,6	5 200
1 – 1	3,16			3,1	4 900
БРЭНР:					
3 – 2	...			–	2 900
2 – 2	2,54	3,09	...	2,0	7 400
1 – 2	2,99			2,8	6 200
БНР:					
3 – 3	1,95			1,2	10 400
2 – 3	0,81	2,17	11,3	0,2	22 000
1 – 3	1,67			0,9	17 000
ЭР:					
3 – 4	4,26			5,3	1 350
2 – 4	4,57	–	–	6,6	1 600
1 – 4	4,26			5,7	940

Примечание. Условия для листового лигнина: I –  $\tau = 33,0 \text{ с}$ ,  $\tau_3 = 11,0 \text{ с}$ ,  $\tau_n = 18,0 \text{ с}$ ; II –  $33,0 \text{ с}$ ,  $1,1 \text{ с}$ ,  $8,1 \text{ с}$ ; условия для хвойного лигнина: I –  $60,0 \text{ с}$ ,  $22,0 \text{ с}$ ,  $29,0 \text{ с}$ ; II –  $22,0 \text{ с}$ ,  $5,5 \text{ с}$ ,  $11,5 \text{ с}$ .

влияние величины капли) при использовании электродов с разным временем жизни капли рассчитывали время образования пика  $\tau_n$  (от начала роста капли до момента образования пика), тогда при  $\tau_3 = 1,1$  и  $11,0$  имели соответственно  $\tau_n = 8,1$  и  $18,0 \text{ с}$ .

В табл. 3 представлены результаты расчета силы приведенного тока для лигнинов из листового древесина с учетом времени образования пика,

а также перерасчета силы тока для лигнинов хвойной древесины [2] из щелоков сульфатных варок. Для сравнения представлены результаты полярографирования хвойных сульфатных лигнинов с другим капилляром ( $\tau = 22,0$  с,  $\tau_3 = 5,5$  с,  $\tau_{II} = 11,5$  с). Из полученных данных следует (табл. 3), что при использовании в расчетах приведенного тока не всего времени жизни капли, а величины  $\tau_{II}$ , получают достаточно близкие результаты с отклонением, не превышающим 7,9 ... 11,3 %. Из представленной на рис. 2, а зависимости силы приведенного тока сульфатных лигнинов от  $\bar{M}_w$  и коэффициента диффузии  $D$ , следует, что между  $I$  и  $\bar{M}_w$  существует обратная зависимость, между  $I$  и  $D$  – прямая.

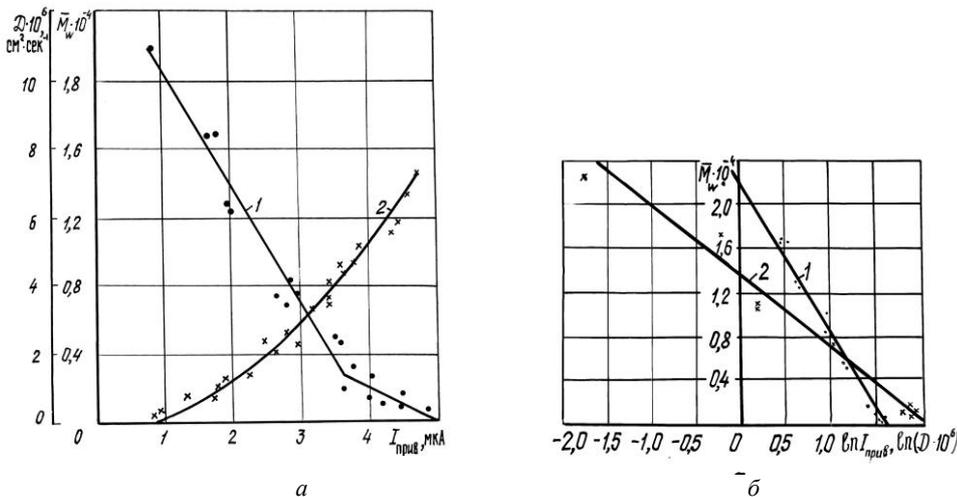


Рис. 2. Графическая иллюстрация взаимосвязи между приведенным током  $I_{\text{прив}}$ , среднемолекулярной массой  $\bar{M}_w$  и коэффициентом диффузии  $D$  в натуральных (а) и логарифмических (б) координатах

Логарифмическая зависимость силы полярографического тока и коэффициента диффузии от величины СММ представлена графиком на рис. 2, б [6], а взаимосвязь между  $\bar{M}_w$  и  $I_{\text{прив}}$  с учетом данных, полученных при исследовании лигнинов из сульфатных щелоков от варки как хвойной, так и лиственной древесины, определяется формулой

$$\bar{M}_w = (2,16 - 1,375 \ln I_{\text{прив}}) \cdot 10^4$$

или

$$\bar{M}_w \cdot 10^{-4} = 2,16 - 1,375 \ln I_{\text{II}} / (m\tau_{\text{II}})^{2/3} CV^{1/2},$$

где  $I_{\text{II}}$  – максимальный ток или ток пика, мкА;

$m$  – скорость вытекания ртути, мг/с;

$C$  – концентрация лигнина, мг-экв/л;

$V$  – скорость записи полярограммы, В/с.

*Методика эксперимента*

Сульфатный лигнин выделен из ПЧЩ лиственного потока АЦБК плотностью  $1,175 \text{ г/см}^3$  при осаждении соляной кислотой. Фракционирование проведено путем обработки лигнина бутанолом, диоксаном, диэтиловым эфиром [2]. Молекулярные массы определены методом гель-хроматографии на сефадексе G-75 в диметилсульфоксиде [6]. Полярографические исследования выполнены на полярографе ПУ-1 в однокапельном режиме; катодом служила ртутная капля, электродом сравнения – ЭВЛ-1М4. Характеристики используемых ртутных электродов: I –  $\tau = 33,0 \text{ с}$ ,  $\tau_3 = 11,0$ ,  $1,1 \text{ с}$ ,  $m = 0,13707 \text{ мг/с}$ ; II –  $\tau = 22,0 \text{ с}$ ,  $\tau_3 = 5,5 \text{ с}$ ,  $m = 0,15900 \text{ мг/с}$ ; III –  $\tau = 60,0 \text{ с}$ ,  $\tau_3 = 22,0 \text{ с}$ ,  $m = 0,05068 \text{ мг/с}$ . Скорость записи полярограмм  $100 \text{ мВ/с}$ . Концентрация лигнина в ячейке составляет  $0,5 \text{ мг/л}$  или  $10 \text{ мг}$  в  $20 \text{ мл}$  фона ( $0,05 \text{ М}$  гидроксид-хлорид лития (1 : 1)). Растворы перед записью полярограмм продували гелием в течение  $10 \dots 15 \text{ мин}$ .

*Вывод*

Использование полярографического метода в однокапельном режиме позволяет провести оценку величины среднемассовой молекулярной массы сульфатных лигнинов по величине приведенного тока при потенциале  $-1,3 \dots -1,4 \text{ В}$  на фоне  $0,05 \text{ М}$  раствора гидроксида-хлорида лития (1 : 1).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронштейн И.И., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Гос. изд-во физ.-хим. лит-ры, 1959. – 608 с.
2. Горбунова О.Ф., Богомолов В.Д., Боголицына Г.М. Исследование сульфатных лигнинов // Лесн. журн. – 1986. – № 2. – С. 78–82. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Гороховская В.И., Гороховский В.М. Практикум по осциллографической полярографии. – М.: Высш. шк., 1973. – 112 с.
4. Крюкова Т.А., Синякова С.И., Арефьева Т.В. Полярографический анализ. – М.: Госнаучхимиздат, 1959. – 772 с.
5. Лигнин и лигнинные вещества сточных вод сульфатных заводов / Б.Д. Богомолов, О.Ф. Горбунова, В.А. Пивоварова, Л.В. Асютченко // Проблемы экологии на Европейском Севере: Сб. науч. тр. АЛТИ. – 1992. – С. 77–80.
6. Соколов О.М. Определение молекулярных масс на ультрацентрифуге и методом гель-хроматографии: Учеб. пособие. – Л.: ЛТА, 1978. – 76 с.
7. Сравнительное исследование отработанных щелоков при делигнификации с добавками антрахинона / Б.Д. Богомолов, О.Ф. Горбунова, В.С. Буцаленко и др. // Химия древесины. – 1986. – № 5. – С. 48–53.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 14.12.99

*O.F. Gorbunova, S.A. Verbitskaya*

**On Interrelation of Molecular Mass of Sulfite Lignin and Current Applied at Polarography**

The dependence between the molecular mass value and the strength of the applied polarographical current is demonstrated for the sulfite lignin of soft- and hardwood.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.5:684.4

***П.С. Гейзлер, Н.Г. Сinyaк***

Гейзлер Павел Сергеевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор экономических наук, профессор Белорусского государственного экономического университета. Имеет более 180 научных работ в области экономики лесного комплекса.



Сinyaк Николай Георгиевич родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Белорусский государственный технологический университет, кандидат экономических наук, ассистент кафедры экономики и управления на предприятиях химико-лесного комплекса БГТУ, член Европейского общества недвижимости. Имеет более 10 печатных трудов в области экономики и управления мебельного производства.



## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ МЕБЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассмотрены вопросы формирования номенклатуры мебельной продукции. Применены экономико-математические методы, оптимизирующие решение задачи.

номенклатура мебели, использование древесного сырья, модели, три блока, закупки, изготовление, реализация.

В условиях рынка любой производитель стремится к наилучшим результатам производственно-хозяйственной деятельности, которые во многом определяются тем, как сформирована производственная программа.

Производственная программа мебельного предприятия имеет ряд принципиальных особенностей. Во-первых, она многономенклатурна, так как предприятие одновременно выпускает достаточно много видов мебели различного функционального назначения, широкого ассортимента моделей, дизайна и цветовой гаммы, а также комплектов всевозможной компоновки. Кроме того, применение различных видов сырья, отделочных и комплек-

тующих материалов, фурнитуры позволяет расширять выпускаемые артикулы мебели, не меняя при этом конструкции изделий. Во-вторых, производственная программа должна быть гибкой, быстро реагировать на изменения текущих и перспективных потребностей покупателей, насыщение рынка теми или иными изделиями, учитывать динамику вкусов и предпочтений потребителей, моду, а также меняющийся, хоть и не быстро, платежеспособный спрос населения, выделяя в нем группы с различными, иногда противоположными требованиями к дизайну, конструкции, цене.

В условиях плановой экономики мебельные предприятия находились под чиновничьим прессом, когда на год, а то и на всю пятилетку они были привязаны к поставщикам сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий. Это сужало возможности выпуска широкой номенклатуры изделий различной комплектации и отделки, приводило к выпуску унифицированных видов мебели, что не могло удовлетворять разнообразные потребительские вкусы и предпочтения. Сегодня мебельные предприятия сами ищут поставщиков материалов и комплектующих изделий. От этого зависит конечный результат – показатели производственно хозяйственной деятельности предприятия. При жесткой плановой экономике основными ограничениями обоснования годовой производственной программы мебельного предприятия выступали ресурсы сырья и материалов и только потом возможности производственного оборудования. Теперь эти ограничения сняты, предприятие может приобрести на рынке сырья и материалов все, что ему необходимо. Ограничение по мощности производственного оборудования действительно только для краткосрочного планирования (год и менее). Для перспективы ограничения могут быть лишь инвестиции.

Таким образом, с учетом маневрирования число возможных вариантов существенно расширяется. Естественно, что все они приводят к разным конечным результатам. Среди них существует такой вариант, который лучше других удовлетворяет требованиям к конечному результату (например максимизация прибыли) и является оптимальным, т. е. обеспечивает получение реальных решений с помощью имеющихся программных средств.

Для поиска оптимального варианта разрабатываются экономико-математические модели. В отраслях лесного комплекса традиционным было исследование и моделирование задач комплексного использования древесного сырья и планирования развития и размещения лесных производств сначала на уровне всего СССР, затем и на региональном. Лишь в последние годы возник интерес к моделированию на уровне предприятий. Эти модели опираются на опыт разработки и постановки задач союзного и регионального уровней и комплексного использования древесного сырья.

Подход к разработке моделей производственной программы мебельного предприятия принципиально иной. Если в моделях комплексного использования сырья и производственной программы комплексного лесного предприятия ограничением является наличие древесного сырья по породам и размерно-качественным группам, которые в процессе заготовки и перера-

ботки превращаются в готовую продукцию [1], то мебельное производство аналогично сборочному. В этом случае в одном изделии или комплекте соединяются детали, изготовленные на разных этапах производственного цикла. Заключительным этапом работы является сборка (набор) изделия из ранее изготовленных деталей. При этом используются различные виды сырья и материалов. Это должно быть учтено в модели оптимизации производственной программы мебельного предприятия.

Рыночные условия диктуют необходимость приобретения у поставщиков именно тех видов сырья, материалов, комплектующих изделий, которые могут быть использованы в производстве с наибольшей эффективностью, т. е. обеспечивают получение лучших конечных результатов работы предприятия.

Поэтому модель производственной программы мебельного предприятия должна соединять в себе три блока, которые в реальных условиях производства рассматриваются как автономные:



Обычно при построении экономико-математических моделей производственных программ предприятий рассматривают лишь второй блок. В моделях оптимизации производственной программы комплексного лесного предприятия и сортиментного плана лесозаготовительного предприятия реализованы второй и третий блоки в органическом единстве [1, 2]. Реальные условия функционирования мебельных предприятий требуют построения единой модели, включающей все три блока, что возможно при координации работы всех служб. Задача в такой постановке охватывает единой целью деятельность всего предприятия и является стержневой в управлении его текущей работой. Вместе с тем такая модель и задача очень сложны, основываются на четкой системе информационного обеспечения, что представляет собой довольно сложную проблему. Принципиальная схема матрицы такой задачи в общем виде может выглядеть следующим образом.

Показатели	Закупка сырья и материалов	Изготовление мебели	Реализация мебели
Сырье и материалы у поставщиков	Нормы расхода		
Сырье и материалы на складе предприятия	Нормы образования	Нормы расхода	
Готовая продукция на складе предприятия		Нормы образования	Нормы расхода
Целевая функция	Цены на сырьё и материалы	Затраты на производство мебели (без сырья и материалов)	Цены на готовую продукцию

В целевой функции этой матрицы цены на сырье и материалы, а также затраты на производство даны со знаком минус, а цены на готовую продукцию – со знаком плюс; в итоге вычитания получается прибыль от производства и реализации мебели.

Данная принципиальная схема матрицы, естественно, не учитывает всех особенностей мебельного производства, которые следует иметь в виду при решении задачи. В частности, не показан многоэтапный характер изготовления готовой продукции, где могут быть зафиксированы переделы по обработке сырья и материалов вплоть до получения чистовых деталей и сборке из них готовых изделий и комплектов. Это значительно расширяет блоки матрицы, описывающие изготовление мебели.

Сложность информационного обеспечения, отсутствие на предприятиях обоснованных нормативов расхода сырья и материалов, потребности в трудовых ресурсах и данных о производительности оборудования на конкретных операциях заставляет искать пути менее детального моделирования без учета затрат на всех переделах работ. Это делает необходимым поиск оптимального варианта за счет агрегирования описания технологических операций. Решение этой задачи может принести пользу предприятию, что показали экспериментальные расчеты на примере АО «Минскпроект-мебель» – головного предприятия мебельной промышленности Республики Беларусь. При решении задач не учитывали закупки сырья и материалов, их считали заданными. Однако для каждого изделия были учтены не только спрос на рынке готовой продукции, но и интенсивность его, т. е. время, в течение которого может быть реализовано определенное количество того или иного изделия. Данные были получены расчетно в отделе маркетинга акционерного общества.

Экспериментальные расчеты оптимальной производственной программы АО «Минскпроектмебель» проводили ежемесячно в 1996 – 1997 гг. Они показали, что за счет оптимизации по критерию максимума прибыли (адаптивная модель), даже в агрегированном виде (нормы расхода сырья и материалов принимали в целом на тот или иной набор мебели или изделие), конечные результаты работы предприятия могут быть улучшены. Расчеты проводили не только исходя из имеющихся ресурсов, но и с учетом их возможного увеличения (за счет кредитов банка и др.), затем выбирали оптимальный вариант увеличения.

Кроме того, было разработано специальное программное обеспечение (с использованием свойств двойственных оценок для учета инфляционного изменения цен, объемов ресурсов и пр.), которое позволило реализовать экономико-математическую модель в динамике и получить максимальную прибыль в любой момент времени. В среднем прибыль была увеличена на 15 %. При этом удалось поднять заработную плату производственных рабочих, сэкономить сырье и материалы.

Экспериментальные расчеты на предприятии АО «Белпласт» показали, что разработанная модель универсальна и применима практически для

любого производства и позволяет получить дополнительную прибыль до 10 ... 50 % от плановой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гейзлер П.С.* Модель оптимизации производственной программы комплексного лесного предприятия (объединения) // Лесн. журн. – 1991. – № 5. – С. 112-116. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. *Гейзлер П.С.* Оптимизация сортиментного плана лесозаготовительного предприятия в условиях рынка // Лесн. журн. – 1993. – № 2-3. – С. 184-187. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Белорусский государственный экономический университет  
Белорусский государственный технологический университет

Поступила 23.03.2000 г.

*P.S. Geizler, N.G. Sinyak*

#### **Optimization of the Industrial Programme for the Furniture Mill**

The questions of forming the furniture nomenclature are considered. The economic-and-mathematical methods are applied for optimizing the problem solution.

---

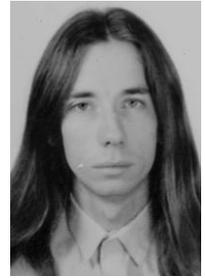
УДК 684:338.5.001.57

**В.С. ПЕТРОВСКИЙ, А.В. ПАРФЕНОВ**

Петровский Владислав Сергеевич родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов Воронежской государственной лесотехнической академии, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАЕН. Имеет более 300 печатных работ в области математического моделирования, оптимизации, компьютеризации, автоматизации технологий и оборудования лесного комплекса.



Парфенов Андрей Витальевич родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры автоматизации производственных процессов ВГЛТА. Имеет более 10 печатных работ в области экономико-математического моделирования и компьютерной поддержки принятия управленческих решений в мебельном производстве.

**ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ И ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВА МЕБЕЛЬНЫХ НАБОРОВ**

Рассмотрены экономико-математическая модель финансового обеспечения планируемого производства мебельных наборов и модель оптимального ценообразования. Показана методика их применения при решении конкретных производственных задач.

экономико-математические модели, потребность средств, выручка, затраты, определение цены модели.

Для обеспечения устойчивого функционирования мебельного предприятия в рыночных условиях необходимо принимать обоснованные решения при планировании объема выпуска продукции и назначении цены на нее. Применение экономико-математических моделей при решении этих управленческих задач значительно снижает риск принятия необоснованных решений.

При наличии производственных мощностей для достижения оптимального объема производства  $X(n)^{opt}$ , когда не нужно закупать дополнительное оборудование и осуществлять капитальное строительство, увеличение производства продукции до  $X(n)^{opt}$  может быть проведено за счет использования необходимых финансовых ресурсов, формируемых из собст-

венных резервных средств  $C_{с.р.с}$  и привлекаемых кредитов  $C_{кр}$  [2]. Объем требуемых средств определяется зависимостью

$$C_{с.р.с}(n) + C_{кр}(n, n + 1) \geq X(n)^{opt} U(n) + Z(n) - \sum_{r=1}^m X(n-r)a_r C^{(1)}, \quad (1)$$

где  $U(n)$  – переменные затраты;

$Z(n)$  – постоянные затраты;

$a_r$  – доля числа наборов, реализованных в квартале, от всех произведенных;

$C^{(1)}$  – цена одного набора.

Вычислим суммы дополнительных средств, необходимых для увеличения производственных запасов  $\Delta C_{пр.з}$  и незавершенного производства  $\Delta C_{н.п}$ :

$$\Delta C_{пр.з} = C_{пр.з}^{(1)}(X(n)^{opt} - X(n-1));$$

$$\Delta C_{н.п} = C_{н.п}^{(1)}(X(n)^{opt} - X(n-1)),$$

где  $C_{пр.з}^{(1)}$  – средняя стоимость производственных запасов, приходящаяся на один набор;

$C_{н.п}^{(1)}$  – средняя стоимость незавершенного производства, приходящаяся на один набор;

$X(n-1)$  – достигнутый в прошлом периоде объем производства (число наборов).

С учетом дополнительных затрат выражение для расчета требуемых объемов собственных и привлекаемых средств примет вид:

$$C_{с.р.с}(n) + C_{кр}(n, n + 1) \geq X(n)^{opt} U(n) + Z(n) - \sum_{r=1}^m X(n-r)a_r C^{(1)} + (C_{пр.з}^{(1)} + C_{н.п}^{(1)}) (X(n)^{opt} - X(n-1)). \quad (2)$$

Проведенный ранее [1] анализ производственных возможностей мебельного предприятия и зависимости суммы прибыли от количества реализованных наборов мебели  $X(n)$  в 3-м квартале расчетного года позволил установить, что в 4-м квартале оптимальный объем производства должен составить 4500 наборов.

Необходимо было определить объемы собственных и привлекаемых финансовых средств, которые требовались для производства 4500 наборов в  $n$ -м квартале.

Для самого предприятия оптовая цена реализации одного набора в 3-м квартале составила 376 у.е., переменные затраты на один набор – 327 у.е., постоянные – 73 у.е., а на  $n$ -й квартал  $Z(n) = 328\,500$  у.е.

Предприятием ранее произведено следующее количество наборов:  $X(n-1) = 2500$ ,  $X(n-2) = 2000$ ,  $X(n-3) = 2537$ ,  $X(n-4) = 3200$ . Удельный вес реализации наборов в 4-м квартале расчетного года от произведенных в этот период  $a_0 = 0,30$ ; в 3-м квартале –  $a_1 = 0,17$ ; во 2-м квартале –  $a_2 = 0,14$ ; в 1-м квартале –  $a_3 = 0,17$ ; в 4-м квартале предыдущего перед расчетом года –  $a_4 = 0,22$ . Стоимость материалов, комплектующих, топлива, энергии на

один набор  $C_{\text{м.к.т.}}^{(1)} = 190$  у.е. Производственные запасы равны 1,5-месячному их расходу.

Требуемый объем собственных и привлекаемых финансовых средств для выпуска 4500 наборов в 4-м квартале расчетного года:

$$C_{\text{с.р.с.}}(n) + C_{\text{кр.}}(n, n + 1) \geq X(n)^{\text{opt}} U(n) + Z(n) - \sum_{r=1}^m X(n-r) a_r \Gamma^{(1)} = 4500 \cdot 237 + \\ + 32\,850 - (2500 \cdot 0,17 + 2000 \cdot 0,14 + 2537 \cdot 0,17 + 3200 \cdot 0,22) \cdot 376 = \\ = 407\,400 \text{ у. е.}$$

Предприятие работает прибыльно и за последние 7 лет не пользовалось банковскими кредитами. Даже при значительном увеличении производства и реализации мебели, например на 1650 наборов в квартал, можно решить эту задачу имеющимися оборотными средствами, не прибегая к получению банковских кредитов с высокими процентами.

Представляет интерес определение дополнительных оборотных средства на производственные запасы и незавершенное производство. Так как норматив материальных запасов равен 1,5 мес., т. е. 0,5 от квартального расхода, то объем денежных средств на увеличение производственных запасов  $C_{\text{п.з.}}$  (при  $X(n)^{\text{opt}} = 2850$ ) выражается зависимостью

$$C_{\text{п.з.}} = C_{\text{м.к.т.}} 0,5 (X(n)^{\text{opt}} - X(n-1)) = 190 \cdot 0,5 \cdot (2850 - 2500) = 33\,250 \text{ у.е.}$$

Если производственный цикл составляет 1 мес., то средняя продолжительность нахождения в незавершенном производстве – 0,5 мес. или 0,167 от квартала. В стоимость незавершенного производства  $C_{\text{н.п.}}$  входят только переменные затраты  $U(n)$ . Следовательно,

$$C_{\text{н.п.}} = 0,167(X(n)^{\text{opt}} - X(n-1)) U(n) = 0,167 \cdot (2850 - 2500) \cdot 273 = 1596 \text{ у.е.}$$

Сравнительно небольшие суммы ежемесячного незавершенного производства исключают необходимость привлекать банковские кредиты.

Прогноз финансового состояния предприятия в будущем периоде может быть проведен путем сопоставления ожидаемых поступлений (выручка за произведенную продукцию) и ожидаемых платежей. При этом прогнозе могут быть следующие варианты: поступления больше платежей; поступления равны платежам; поступления меньше платежей.

В первом и втором случаях сумма переменных и постоянных затрат, необходимых для производства  $X(n)$  наборов мебели в  $n$ -м периоде, полностью покрывается поступлениями выручки в  $n$ -й период от ранее произведенных наборов  $X(n-r)$ . Разность выручки  $B$  и затрат  $Z$  является валовой прибылью  $P_{\text{в.}}$ :

$$B = \sum_{r=0}^m X(n-r) a_r \Gamma^{(1)}; \quad (3)$$

$$Z = X(n) U(n) + Z(n); \quad (4)$$

$$P_{\text{в.}} = B - Z = \sum_{r=0}^m X(n-r) a_r \Gamma^{(1)} - (X(n) U(n) + Z(n)). \quad (5)$$

Отношение прибыли к затратам является относительной прибылью, или индексом прибыли  $\rho$  (при  $\rho < 0$  имеем индекс убытка).

За один период  $n$  предприятие планирует достичь накопления средств  $C_{н.с}(n)$ . Какими должны быть цена набора мебели  $Ц^{(1)}$  и индекс прибыли  $\rho$  с учетом налога на прибыль  $\beta_{пр}$ ?

Необходимо выполнение условия

$$(1 - \beta_{пр})P_v = C_{н.с}(n). \quad (6)$$

Используя выражения (5) и (6), получаем зависимости для требуемой цены набора  $Ц^{(1)}$  и индекса прибыли  $\rho$ :

$$Ц^{(1)} = \frac{X(n)U(n) + Z(n) + C_{н.с}(n)}{(1 - \beta_{пр}) \sum_{r=0}^m X(n-r)a_r}; \quad (7)$$

$$\rho = \frac{X(n)U(n) + Z(n) + C_{н.с}(n)}{[X(n)U(n) + Z(n)](1 - \beta_{пр})} - 1. \quad (8)$$

Эти зависимости позволяют при изменении объема выпускаемых наборов  $X(n)$  определять цену набора  $Ц^{(1)}$  и индекс прибыли  $\rho$  и принимать обоснованное решение по этим показателям.

Нами проведено исследование этого вопроса с учетом реального состояния рынка сбыта мебели АОТ «Графское» и конкуренции производителей кухонных наборов.

Цена одного набора будет зависеть от принятого индекса прибыли и количества выпускаемых в квартал наборов.

В исследуемом году 85 % кухонных наборов реализовано в течение квартала, в котором они произведены ( $a_0 = 0,85$ ), 12 % наборов – в следующем квартале ( $a_1 = 0,12$ ), 3 % – через квартал ( $a_2 = 0,03$ ).

Переменные издержки (затраты) на один набор составили  $U(n) = 237$  у.е.; постоянные издержки на все наборы ( $X(n) = 2000, 3000, 4000$  шт.) –  $Z(n) = 208\,050$  у.е.

Практический интерес представляло определение цены одного набора при равномерном выпуске мебельных гарнитуров в зависимости от индекса прибыли и количества выпускаемых наборов:

а) при обеспечении безубыточности производства для  $X(n) = 2000, 3000, 4000$  шт. ( $\rho = 0,000$ );

б) при обеспечении индекса прибыли  $\rho = 0,103$  (без учета налога на прибыль) для  $X(n) = 2000, 3000, 4000$  шт.

Полученные результаты приведены в таблице.

Индекс прибыли $\rho$	Значение $Ц^{(1)}$ , у.е., при $X(n)$ , шт.		
	2000	3000	4000
0,000	341,0	306,0	289,0
0,103	376,0	337,5	319,0

Из этих примеров видно, что цены, обеспечивающие одинаковый индекс прибыли, уменьшаются с увеличением объема выпуска кухонных гарнитуров  $X(n)$  на предприятии.

Применение описанных выше моделей позволило составить алгоритмы и программы компьютерной поддержки принятия управленческих решений в экономической системе производства кухонной мебели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономико–математические модели, компьютерные программы управления производством и реализацией мебели / Н.В. Панченко, А.В. Парфенов, В.С. Петровский, А.П. Степанов. – Воронеж: ВГЛТА, 1999.

2. *Жданов С.А.* Экономические модели и методы в управлении. – М.: Изд-во «Дело и Сервис», 1998.

Воронежская государственная лесотехническая академия

Поступила 3.10.99

*V.S. Petrovsky, A.V. Parfenov*

#### **Price Formation and Financial Provision for the Furniture Sets Production**

The economic-mathematical model of the financial provision for the planned production of the furniture sets is presented together with the model of optimum price formation. The application technique for these models is demonstrated for the solution of concrete production problems.

---

УДК 339.727

***М.И. Лисица***

Лисица Максим Иванович родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики Международного института управления. Имеет 11 печатных работ в основном по проблемам инвестиций.



## **ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ**

Рассмотрены проблемы взаимоотношений участников инвестиционного процесса в целлюлозно-бумажной промышленности России, представленные в виде сценариев. Сделаны обобщения, даны рекомендации, введены понятия.

инвестиционный процесс, участники, взаимоотношения, сценарии, рекомендации.

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) – высокотехнологичная и постоянно развивающаяся отрасль мировой экономики. Однако в СССР и России она оказалась технически отсталой от ЦБП стран Запада, Японии и др., в которых успешно решаются технологические, энергетические, экологические проблемы, комплексно используется сырье, осваиваются новые виды продукции, производство автоматизировано и диверсифицировано.

Во многих странах доля макулатуры в общем потреблении волокнистого сырья составляет 40 ... 60 %, в некоторых (Испания, Нидерланды) – 70 ... 75 % и даже 98 % (Тайвань). Вторичные энергоресурсы (кора, опилки, лигнин и др.) обеспечивают до 60 % потребности западных компаний отрасли в технологическом паре и электроэнергии [4]. Российская ЦБП пока отстает от мировой по указанным направлениям.

При использовании вторичного сырья и отходов производства снижаются выбросы в атмосферу и водоемы, что помогает западным компаниям решать экологические проблемы, так как законодательство заставляет их применять технологии, не наносящие ущерба окружающей среде и людям. В России эти проблемы решаются намного хуже. Узок ассортимент производимых в России бумаги и картона [4].

Западные компании ЦБП проводят реконструкцию и модернизацию производства при наличии эффективных технических решений каждые 6,5-7 лет [1]. Кроме того, технологические процессы автоматизируются, даже если оборудование относительно старое (10 ... 12 лет). В России же существует серьезная проблема технического обслуживания оборудования

ЦБК, поскольку в отрасли 80 % бумагоделательных и 70 % картоноделательных машин (КДМ) эксплуатируются свыше 25 лет, в том числе 30 % КДМ служат более 45 лет [3]. В 1990 г. на заводах по производству сульфитной целлюлозы оборудование имело возраст 35 ... 70 лет, и большая часть его до сих пор не подвергалась реконструкции и обновлению [1]. На 21 предприятии работает оборудование конца XIX и начала XX вв. [2]. Прекратили выпуск целлюлозы и картона Амурский и Астраханский целлюлозно-картонные комбинаты, остановлены Калининградский и Выборгский целлюлозно-бумажные комбинаты (ЦБК).

Отрасль испытывает острую потребность в реконструкции и модернизации в целях расширения ассортимента и повышения качества продукции. Очевидно, что для решения этой задачи, прежде всего, необходимо всячески стимулировать отечественные инвестиции, но уже ясно, что возможности международного финансирования превосходят соответствующие источники российских инвесторов. Экономика России становится все более открытой для окружающего мира, что дает возможность привлекать иностранные инвестиции. Однако в ходе осуществления проектов по реконструкции российских предприятий ЦБП с участием зарубежных фирм возникают многочисленные осложнения и даже социальные конфликты.

Инвестиционные процессы на российских целлюлозно-бумажных предприятиях с участием иностранного капитала начались в основном с приватизацией 1992–1994 гг., целями которой были: создание слоя собственников, повышение эффективности работы предприятий, привлечение иностранных инвестиций.

Основным документом, регулировавшим процесс приватизации, был Закон РФ от 3 июля 1991 года № 1531-1 «О приватизации государственных и муниципальных предприятий в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). Приватизация в отрасли осуществлялась путем продажи акций открытых акционерных обществ. Данный способ включал в себя реализацию акций на коммерческих и инвестиционных конкурсах, специализированных аукционах, продажу акций членам трудовых коллективов и приравненным к ним лицам по закрытой подписке с использованием льгот.

Иностранные компании активно участвовали в скупке акций российских предприятий ЦБП на аукционах, конкурсах, у членов трудовых коллективов, других лиц, ставших акционерами в результате приватизации. При этом зарубежные фирмы, купившие акции на конкурсах, имели обязательства в отношении приватизируемых объектов: осуществлять инвестиционные программы по развитию предприятий отрасли, сохранить рабочие места, решать социальные вопросы. Инвестиционные программы содержали проекты по расширению ассортимента продукции, реконструкции и модернизации оборудования российских ЦБК, а в ряде случаев по перенесению экологически небезопасных производств из стран происхождения иностранных инвесторов в Россию.

В ЦБК России просматриваются два типичных сценария отношений иностранных инвесторов с администрациями, профсоюзами, трудовыми коллективами инвестируемых предприятий и местными органами власти.

После приобретения крупных пакетов акций российских ЦБК представители иностранных инвесторов ведут переговоры с администрациями этих предприятий о проектах и их осуществлении, контроле за исполнением инвестиционных программ. Порой это подразумевает изменения в системе управления предприятия – получателя инвестиций, а также обязательный доступ к его коммерческой информации. Известно, что иностранные инвесторы, ставшие собственниками российских комбинатов, реорганизовывали систему управления в 57 % случаев.

Схематически позиции администраций ЦБК могут быть следующими: 1) полное согласие с иностранными инвесторами; 2) разногласия по поводу того, какие проекты осуществлять, и (или) несогласие с изменениями в системах управления, а также отказ иностранному собственнику в доступе ко всей коммерческой информации. Назовем это сценариями поведения.

*Сценарий поведения участников инвестиционного процесса № 1.* Если разногласий нет или они сглаживаются, иностранные инвесторы получают доступ к коммерческой информации предприятия. Отсутствие споров и конфликтов между всеми сторонами инвестиционного процесса определяется в основном степенью согласия иностранного собственника решать проблемы финансового оздоровления, сохранить численность трудовых коллективов, сократить задолженность по заработной плате и т. п. Далее разрабатываются окончательные планы действий по осуществлению инвестиционных программ.

Ключевым моментом является отношение должностных лиц властных органов к иностранным инвесторам. Если должностные лица относятся нейтрально к происходящему на целлюлозно-бумажных предприятиях или поддерживают иностранных инвесторов, то руководители комбинатов не могут существенно повлиять на реализацию инвестиционных программ.

Должностные лица местных органов власти поддерживают иностранных собственников в случае, если способны увидеть положительные сдвиги: в погашении задолженности в бюджет; снятии социальной напряженности на комбинатах (погашение задолженности по заработной плате в коммунальном обслуживании городов и поселков), поскольку почти все российские ЦБК являются градообразующими предприятиями.

Иностранные инвесторы выполняют программы в основном за счет своих средств, подключая средства предприятий – получателей инвестиций, привлекая кредиты и займы международных финансово-кредитных организаций (МФКО), что ведет к финансовому оздоровлению ЦБК. Если выполнение программ идет неудачно, то иностранные компании стараются либо прибегнуть к займам МФКО, привлечь новых инвесторов, либо продать свои пакеты акций комбинатов другим компаниям, согласным продолжить выполнение инвестиционной программы. Последнее происходило в 14 %

случаев – на Архангельском, Балахнинском, Котласском, Светогорском ЦБК.

*Сценарий поведения участников инвестиционного процесса № 2.* Если разногласия неустранимы, то на предприятии рано или поздно возникают конфликты между администрацией и инвестором, поскольку последний не получает доступа к коммерческой информации ЦБК. Это происходило примерно на 38 % предприятий, где была реорганизована система управления. Иностранному инвестору обычно стремится заменить аппарат администрации своими людьми.

Когда прежнюю администрацию увольняют, российский руководитель комбинатов обращается в суд и, имея поддержку местных органов власти, порой выигрывает процесс, отстраняя иностранных собственников от управления. В свою очередь, иностранный инвестор подает протест и если не получает приемлемых для себя результатов (отмена судебного решения, компенсация ущерба), покидает комбинат, который в итоге чаще всего останавливается или признается банкротом. Это было в 2/3 предприятий отрасли, где возникали конфликты между администрацией и иностранным инвестором. Примером являются Выборгский (до прихода фирмы «Альцем») и Сегежский ЦБК.

На основе обобщения и систематизации информации по 33 отечественным предприятиям ЦБП из 156 существующих в отрасли мы разработали и рекомендуем сценарии инвестиционного процесса.

В табл. 1 представлен сценарий привлечения иностранных инвестиций, в котором участники инвестиционного процесса избрали взвешенное отношение друг к другу при реализации проекта реконструкции предприятия. Именно этот сценарий может быть положен в основу более широкого привлечения прямых иностранных инвестиций в российскую ЦБП.

Сценарий, представленный в табл. 2, полезен с точки зрения возможно более безболезненных (по сравнению, например, с ОАО «Сежегабумпром») изменений в администрации ЦБК для реализации инвестиционной программы. Эта схема также может быть положена в основу более широкого привлечения иностранных инвестиций в ЦБП.

Сценарий инвестиционного процесса в табл. 3 представляет собой опыт относительно (по сравнению с Выборгским ЦБК) цивилизованной смены собственника и тоже может быть рекомендован в качестве варианта привлечения средств иностранных компаний для реконструкции предприятий отрасли.

Используя опыт привлечения иностранных инвестиций на ОАО «Волга», «Архангельский ЦБК» и «Светогорск» (табл. 1–3), можно выработать сценарий инвестиционного процесса, учитывающий возможность замены собственника, администрации инвестируемого ЦБК (табл. 4). Данный сценарий можно назвать инвестиционной средой (системой), в которой действуют заинтересованные в достижении личного успеха участники инвестиционного процесса. Если участники с пониманием относятся к проблемам и интересам друг друга, готовы идти на взаимные уступки и компромиссы,

Таблица 1

## Рекомендуемый сценарий инвестиционного процесса на примере ОАО «Волга»

Событие, год	Действия участников инвестиционного процесса				
	Администрация ЦБК	Профсоюз и трудовой коллектив	Местная и региональ- ная власть	Министерство финан- сов и Госкомиму- щества РФ	Иностранный инвестор
Приватизация 1994 г.	Приобрели по закрытой подписке 51 % акций комбината		Нейтральное отноше- ние	ГКИ обеспечил про- дажу акций	Ферст Нэшнл Бэнк приобрел 26 % ак- ций, ХИТ – 20 %
Перераспределение акций в 1994 г.	После продажи акций иностранным компа- ниям в собственности остается 10 % акций		То же	Дали гарантии ино- странным инвесторам по защите прав собст- венности на акции	Образование кон- сорциума: Ферст Нэшнл Бэнк и МФК приобрели 25 % акций, ХИТ – 33, прочие иностранные акционеры – 32 %
Подготовка инвести- ционной программы в 1994–1995 гг.	Согласилась на реор- ганизацию системы управления и поддер- жала иностранных собственников	Настороженное отно- шение из-за слухов о значительном сокра- щении численности	Озабоченность по поводу возможного сокращения числен- ности персонала ЦБК	Дали гарантии о за- щите имущества ино- странных инвесторов, необходимого для реализации инвести- ционной программы	Общая сумма инве- стиций составила 150 млн долларов США, в том числе 86 – прямые инве- стиции МФК
Исполнение инвести- ционной программы в 1995–1997 гг.	Сотрудничество с иностранными инве- сторами	Одобрение действий администрации и соб- ственников, погасив- ших задолженность по зарплате, повы- сивших ее и сохра- нивших численность работающих	Поддержка инвесто- ров, погасивших за- долженность ЦБК в бюджет, содержащих ЖКХ на основе заче- тов по местным нало- гам	Контролировали ис- полнение инвестици- онной программы	Проведение финан- сового оздоровле- ния ЦБК, реконст- рукция оборудова- ния и завершение строительства но- вых мощностей (БДМ)

Таблица 2

## Рекомендуемый сценарий инвестиционного процесса на примере ОАО «Архангельский ЦБК»

Событие, год	Действия участников инвестиционного процесса				
	Администрация ЦБК	Профсоюз и трудо- вой коллектив	Местная и регио- нальная власть	Министерство финан- сов, Госкомимущества, Госналогслужба, Нало- говая полиция и Проку- ратура РФ	Иностранный инвестор
Приватизация 1994 г.	Приобрели по закрытой подписке 51 % акций комбината		Нейтральное отно- шение	ГКИ обеспечил про- дажу акций	Иностранного собственника не было, но 29 % акций на аукционе приобрели ПКП «Титан» и «Рута»
Поиск инве- стора в 1994 г.	Подготовила инве- стиционный про- ект реконструкции производств ком- бината и организо- вала холдинг на базе ЦБК	Социальная напря- женность на ЦБК из-за задержек в выплате зарбот- ной платы	То же	МФ и ГКИ дали гаран- тии о защите имуще- ства иностранного инвестора, необходи- мого для реализации программы	Итальянская фирма «Ансальдо» была готова инвестировать в ре- конструкцию производств ЦБК 200 млн долларов США
Срыв выпол- нения инве- стиционной программы в 1995 г.	Скрывала от нало- гообложения вы- ручку от реализа- ции	То же	Озабоченность в связи с проблемами по содержанию ЖКХ и недоволь- ством трудового коллектива дейст- виями администра- ции ЦБК	ГНС оштрафовала комбинат на 50 млрд р. НП завела уголовное дело на генерального директора ЦБК, но прокуратура отменила решение НП	«Ансальдо» отказывается в сло- жившейся обстановке сотрудни- чать с ЦБК

Продолжение табл. 2

Событие, год	Действия участников инвестиционного процесса				
	Администрация ЦБК	Профсоюз и трудовой коллектив	Местная и региональная власть	Министерство финансов, Госкомимущества, Госналогслужба, Налоговая полиция и Прокуратура РФ	Иностранный инвестор
Приватизация 1997 г.	Борьба против основных акционеров закончилась заменой руководителей ЦБК	В результате продажи акций теперь владеет 12 % их	Резкое осуждение деятельности прежней администрации ЦБК, требования погасить просроченную задолженность в бюджет и по заработной плате на общую сумму 900 млрд р. (170 млн долларов США)	МФ и ГКИ организовали конкурс по продаже 20 % акций ЦБК и дали гарантии иностранному собственнику по защите их имущества и права владения акциями	Образовался консорциум: ПКП «Титан» приобрел 25 % акций, «Рута» – 25, «Конрад Якобсон», «Якоб Юргенсон», «Харрисон» – 32 %
Финансовое оздоровление и реконструкция ЦБК в 1997–1999 г.	Находится под контролем консорциума инвесторов	Поддерживает усилия администрации и собственников ЦБК, погасивших задолженность по зарплате и повысивших ее до уровня 4,7 тыс. р. в месяц и сохранивших численность персонала	Оказывает поддержку ЦБК, погасившему задолженность в бюджет, содержащему ЖКХ на основе зачетов по местным налогам	МФ и ГКИ контролируют исполнение инвестиционной программы по реконструкции производственной комбината	Провели финансовое оздоровление ЦБК и уже модернизировали часть оборудования, для чего был привлечен займ ВБ в размере 6 млн долларов США, а общая сумма затрат на реконструкцию составила 30 млн долларов

Таблица 3

*Рекомендуемый сценарий инвестиционного процесса на примере ОАО «Светогорск»*

Событие, год	Действия участников инвестиционного процесса				
	Администрация ЦБК	Профсоюз и трудовой коллектив	Местная и региональная власть	Министерство финансов и Госкомимущества РФ	Иностранный инвестор
Приватизация 1994 г.	Приобрели по закрытой подписке 51 % акций комбината		Нейтральное отношение	ГКИ обеспечил продажу акций	Концерн «Тетра Лаваль» приобрел 15 % акций ЦБК
Перераспределение акций в 1994 г.	После продажи акций иностранным компаниям в собственности остается 15 % акций		То же	Дали гарантии иностранному инвестору по защите прав собственности	Концерн выкупил акции у работников комбината, увеличив свой пакет до 85 %
Подготовка и выполнение инвестиционной программы в 1994–1996 гг.	Согласилась на реорганизацию системы управления и поддержала иностранного собственника	Нейтральное отношение	Одобрение деятельности ЦБК, содержащего ЖКХ на основе зачетов по местным налогам	Контролировали исполнение инвестиционной программы по реконструкции производств комбината	На реконструкцию производств и финансовое оздоровление ЦБК было израсходовано 65 млн долларов США
Приостановка выполнения инвестиционной программы в 1997 г.	Находилась под контролем концерна «Тетра Лаваль»	Беспокойство в связи с подготовкой концерна к передаче прав на ЦБК новому инвестору	Озабоченность приостановкой выполнения инвестиционной программы из-за неопределенности в будущем ЦБК	По договоренности с «Тетра Лаваль» подготовили продажу акций американской компании «Интернэшнл Пэйпер»	У концерна не хватило средств для выполнения инвестиционной программы, а займ МФК привлечь не удалось, поэтому шведы были вынуждены продать акции ЦБК американской компании
Продолжение реконструкции ЦБК в 1998 г.	Находится под контролем нового собственника	Нейтральное отношение	Одобрение деятельности, поскольку продолжился курс на реконструкцию и содержание ЖКХ	Дали гарантии новому собственнику о защите его имущества и прав владения акциями ЦБК и контролировали исполнение инвестиционной программы	«Интернэшнл Пэйпер» завершила за счет собственных средств реконструкцию комбината, израсходовав 63 млн долларов США

Таблица 4

*Рекомендуемый сценарий инвестиционного процесса*

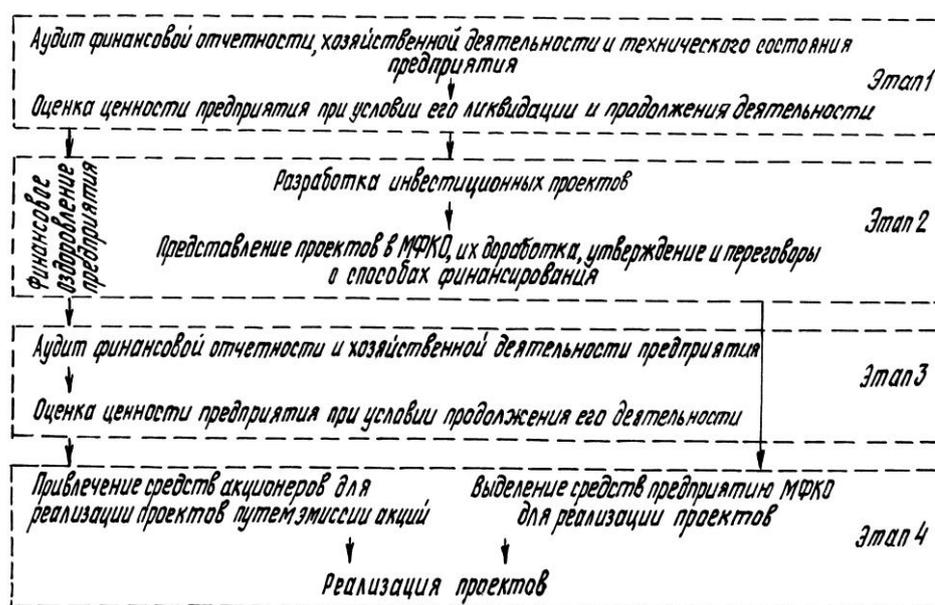
Событие	Действия участников инвестиционного процесса				
	Администрация ЦБК	Профсоюз и трудовой коллектив	Местная и региональная власть	Министерство финансов и Министерство государственного имущества РФ	Иностраннй инвестор
Иностранная компания приобретает акции российского ЦБК	Предоставляет собственнику полную информацию о положении дел на комбинате	Настаивают на сохранении численности и договариваются с инвестором о порядке погашения просроченной задолженности по зарплате, если это предусмотрено в договоре по продаже акций	Заключают договор с ЦБК или подтверждают действующий порядок содержания ЖКХ и погашения просроченной задолженности комбината в бюджет	Дают гарантии защиты прав собственности на акции и имущество, передаваемое на ЦБК иностранным инвестором при реализации инвестиционной программы	Ведет переговоры со всеми указанными участниками инвестиционного процесса, чтобы достичь взаимовыгодного компромисса, может заменить администрацию ЦБК «своими» людьми
Подготовка инвестиционной программы	Предлагает проекты по реконструкции оборудования и производству комбината и подчиняется собственнику	Нейтрально относятся к происходящему на ЦБК	Контролируют исполнение обязательств комбината по содержанию ЖКХ и погашению задолженности в бюджет	Контролируют исполнение обязательств собственника в отношении ЦБК в соответствии с договором по продаже акций	Выполняет достигнутые договоренности с участниками инвестиционного процесса, например, сохраняет численность персонала комбината, гасит задолженность по зарплате и в бюджет, содержит ЖКХ

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ. 4

Событие	Действия участников инвестиционного процесса				
	Администрация ЦБК	Профсоюз и трудовой коллектив	Местная и региональная власть	Министерство финансов и Министерство государственного имущества РФ	Иностранный инвестор
Реализация инвестиционной программы	Подчиняется собственнику ЦБК	Нейтрально относятся к происходящему на комбинате	Контролируют исполнение обязательств ЦБК по содержанию ЖКХ и платежам в бюджет	Контролируют исполнение инвестиционной программы	Проводит реконструкцию и модернизацию оборудования и производств комбината
Привлечение других иностранных инвесторов, МФКО, смена собственника	Подчиняется иностранной компании, ответственной за реализацию инвестиционной программы	Нейтрально относятся к происходящему на ЦБК	Подтверждают прежние договоренности с комбинатом	Обеспечивают новым иностранным инвесторам гарантии защиты прав собственности на акции ЦБК и предоставляемое комбинату имущество и контролируют выполнение инвестиционной программы	Могут заменить администрацию ЦБК, но продолжают реконструкцию комбината

то это приносит пользу всем сторонам: иностранному собственнику, администрации, трудовому коллективу инвестируемого объекта, органам власти всех уровней, поскольку все они заинтересованы в успешной работе ЦБК.

Предприятия российской ЦБП не должны занимать пассивную позицию и ждать, когда попадут в собственность иностранных компаний, которые, в свою очередь, начнут реализацию проектов по реконструкции комбинатов. Российским ЦБК необходимо самостоятельно искать инвесторов и использовать перспективный источник прямых иностранных инвестиций – кредиты и займы МФКО\*. Для этого можно предложить менеджерам отечественных комбинатов использовать сценарий, представленный на рисунке.



Этапы привлечения инвестиций для реконструкции российского предприятия ЦБП

Сценарий включает следующие этапы.

1. Оценка проблем. Предприятие должно провести предварительную работу, т. е. выделить существующие проблемы и определить пути их решения. Аудит важен, поскольку позволяет установить истинное положение дел комбината. Оценка бизнеса (ценности предприятия) необходима для того, чтобы установить, а затем сравнить ценность ЦБК при условии его ликвидации и продолжения деятельности.

2. Подготовка к получению инвестиций. Данный и все последующие этапы возможны только для предприятия, чья стоимость при продолжении деятельности выше ликвидационной. Если финансовое состояние

\* Со схемами кредитования инвестиционных проектов можно ознакомиться по публикациям В. Москвина в журнале «Инвестиции в России» (1999. – № 3, 5).

неудовлетворительно, необходимо провести финансовое оздоровление предприятия, одновременно с разработкой бизнес-планов инвестиционных проектов по реконструкции производств. После подготовки проектов они представляются в МФКО, где их оценивают, указывают на имеющиеся недостатки, которые необходимо устранить. Далее проекты утверждаются, ведутся переговоры об условиях предоставления займа и порядке финансирования.

3. Подготовка к эмиссии акций. Данный этап требует очередной аудиторской проверки, чтобы установить, как предприятие справилось с финансовыми проблемами. Кроме того, она обязательна перед эмиссией ценных бумаг. Чтобы определить объем эмиссии, необходимо провести оценку бизнеса. Если предприятие не собирается выпускать акции, т. е. средств достаточно для выполнения требований МФКО о совместном финансировании проектов, то оценку можно и не проводить. Если же и финансовое состояние предприятия было удовлетворительным еще при оценке проблем на первом этапе, и не планируется эмиссия, то после подготовки к получению инвестиций можно переходить к четвертому этапу.

4. Выделение и получение средств, эмиссия акций и реализация проектов. Здесь предприятие, в соответствии с договором с МФКО, получает от нее средства, которые направляются на финансирование проектов. Кроме того, в финансировании участвуют и собственные средства предприятия, которые оно получает в результате эмиссии, финансового оздоровления или имеет еще на первом этапе.

Отечественная или иностранная компания, желающая приобрести права собственности на часть имущества российского предприятия ЦБП, может сделать это только путем покупки его акций. Инвесторам рекомендуется приобретать акции российских предприятий отрасли на первичном рынке (взнос в уставный капитал), т. е. когда продавцом акций является само российское предприятие. В таком случае есть надежда, что администрация ЦБК заинтересована в реконструкции комбината и не пойдет на конфликт с новым собственником. Использование сценария, представленного на рисунке, может означать, что администрация открывает доступ к информации о деятельности комбината и заинтересована в привлечении новых акционеров.

#### *Выводы, понятия, рекомендации*

1. По данным ВЦИОМ, в целом по России 74 % новых инвесторов отказываются финансировать свой объект собственности, пока у руководства остается консервативный менеджмент, неспособный к изменениям. В ЦБП России инвестиционный климат в этом отношении более благоприятен, иностранные инвесторы не столь принципиальны и недружелюбны.

2. Вводится понятие сценария поведения участников инвестиционного процесса. Это схематическое отображение наиболее типичных взаимоотношений собственника, администрации, трудового коллектива (профсоюза) инвестируемого объекта, должностных лиц местных органов власти региона, где расположен данный объект, приводящих к тем или иным ре-

зультатам и последствиям при реализации инвестиционных проектов. Изучение же участниками инвестиционного процесса опыта сценариев может снизить количество конфликтных ситуаций на предприятиях отрасли, а это, в свою очередь, повышает инвестиционную привлекательность ЦБП.

3. Инвестиционный процесс более удачно протекает на предприятиях отрасли, где иностранные собственники: 1) сумели взять под контроль администрацию комбинатов или заменить ее; 2) пользуются поддержкой местных и федеральных органов власти или находятся в нейтральных отношениях с ними; 3) проводят финансовое оздоровление комбинатов; 4) уделяют достаточно большое внимание решению социальных вопросов; 5) используют собственные средства в сочетании с кредитами и займами МФКО для финансирования проектов.

4. Иностранец владеет российским предприятием озабочен главным образом своим личным успехом, но объективно работает и на пользу России. Это ощущают на себе трудовой коллектив (стабильность выплаты зарплаты и рост зарплат), население (повышение занятости, улучшения в инфраструктуре), бюджет региона (поступление налогов).

5. В условиях градообразующих предприятий ЦБП, в ходе осуществления инвестиционных проектов, стирается грань между внешней и внутренней средой предприятия и возникает феномен единой инвестиционной системы (среды).

6. Иностранцам инвесторам следует перед принятием решения о финансировании объектов в ЦБП основательно изучить специфику взаимоотношений акционеров и руководителей предприятий в данном регионе, причем не только в ЦБП, но и в других отраслях, рейтинги инвестиционной привлекательности региона, влияние трудовых коллективов и профсоюзов. Сразу после приобретения крупного пакета акций комбината собственнику рекомендуется пригласить как можно более авторитетную и независимую организацию для аудиторской проверки деятельности предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иоффе Л.О.* Решение проблем экологии сульфитно-целлюлозных производств: основные направления // Бум. пром-сть. – 1990. – № 8. – С. 18-19.
2. *Литвинов С.* Российская бумага // Смена. – 1992. – № 8. – С. 16-26.
3. Проблемы технического обслуживания и ремонта оборудования // Бум. пром-сть. – 1991. – № 1. – С. 1-2.
4. *Соминский В.* Российская ЦБП на весах мирового опыта // Лесн. газ. – 1995. – № 2.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 13.06.2000 г.

*M.I. Lisitsa*

**Investment Process in the Pulp-and-paper Industry of Russia**

The problem of relationship for the investment process actors in the Russian pulp-and-paper industry is presented as scenarios. The generalizations are made, the recommendations are given, and the notions are introduced.

---

УДК 630\*6

***Н.М. Большаков***

Большаков Николай Михайлович родился в 1937 г., окончил в 1967 г. Саратовский политехнический институт, доктор экономических наук, директор Сыктывкарского лесного института С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, профессор кафедры организации и планирования производства Сыктывкарского государственного университета, заслуженный деятель науки и техники Республики Коми. Имеет более 270 трудов в области развития регионального хозяйственного механизма в условиях рыночной экономики на предприятиях Республики Коми.



## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕНТНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ В ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИИ\***

Обоснованы новые методологические подходы к осуществлению постепенной трансформации налогообложения лесозаготовительных предприятий на основе учета лесной ренты по каждому объекту лесопользования.

лесная рента, проекты разработки лесосек, денежные потоки, эффективность, внутренняя норма доходности, рентное налогообложение.

Рациональное использование лесных ресурсов – одна из предпосылок для устойчивого экономического роста нашей страны. Однако уровень платежей в лесопользовании продолжает оставаться чрезвычайно низким, не обеспечивает финансирования лесохозяйственных мероприятий и не дает надлежащего дохода собственнику леса – государству. В значительной степени эффективность лесопользования определяется структурой налогов, которые служат основой экономического механизма лесного хозяйства. Стратегической задачей создания налоговой системы, которая стимулирует разумное использование лесных богатств, следует считать осуществление перехода на рентное налогообложение.

В рыночной экономике роль рентных платежей при лесопользовании существенно возрастает. Они должны, с одной стороны, стимулировать деловую активность и рациональное использование лесосырьевых ресурсов, с другой – обеспечивать в интересах всего общества изъятие лесного дохода в полном объеме. В настоящее время, согласно «Налоговому кодексу РФ», за пользование лесными ресурсами взимается попенная плата, которая включена в число налогов и характеризуется как лесной налог. Подобная система платного лесопользования имеет сегодня жесткий характер и выполняет чисто фискальные функции. Для основной части лесопользователей, эксплуатирующих низкорентабельные лесосеки, попенная плата, относимая на финансовые результаты предприятий, увеличивает себестоимость

---

\* В порядке постановки.

лесозаготовок, приводит к снижению их уровня, убыткам и финансовому банкротству. В итоге государство недополучает, в том числе и из-за неплательщиков, даже те символические суммы налогов, на которые оно рассчитывало.

Для другой, гораздо меньшей части налогоплательщиков, ведущих лесозаготовки на рентабельных лесосеках, лесные подати при использовании лесосырьевых ресурсов хотя и увеличивают себестоимость, но незначительно. За счет лучших породно-размерной структуры и местоположения лесосек у лесозаготовительных предприятий образуется рентный доход, т. е. сверхнормативная прибыль. Государство как собственник лесосырьевых ресурсов должно полностью изымать эту сверхнормативную прибыль. Сегодня ее частичное изъятие осуществляется путем введения корневых цен на древесину (минимальных ставок лесных податей на древесину, отпускаемую на корню). Однако попенная плата не отвечает рентной природе дохода лесопользователя и не обеспечивает изъятия сверхнормативной прибыли.

В результате доходы консолидированного бюджета (федеральный и субъектов Федерации) за счет лесного налога занижены в 2–3 раза, а по некоторым субъектам – более чем в 5 раз. В свою очередь, разрабатываемые лесосеки различаются по запасам древостоя, их породно-размерной структуре, продуктивности, местоположению и т. д. В связи с этим платежи при лесопользовании должны быть разными на каждом этапе разработки лесосеки и дифференцированы для конкретных лесосек. Поэтому законодательные акты по налогообложению в лесопользовании должны носить общий рекомендательный характер по методологии и порядку (методам) исчисления платежей. Конкретные размеры ставок платежей, а также льгот должны устанавливаться при оформлении договоров на долгосрочную аренду лесов, а ставки платежей и льготы пересматриваться при переходе к очередным этапам лесопользования (переработка, транспортировка, реализация и т. д.), а также по мере качественного изменения условий разработки лесосек.

Таким образом, процесс установления суммы сборов, ставок платежей, а также налоговых льгот должен решаться индивидуально при лицензировании и долгосрочной аренде каждого отдельного объекта лесопользования.

Совершенствование налоговой системы должно базироваться на последовательном и постепенном переходе на единый налог, а именно на лесную ренту, или лесной налог, который заменил бы минимальные ставки лесных податей на древесину, отпускаемую на корню.

Основой расчета лесной ренты должна стать технико-экономическая оценка проекта разработки лесосеки. При этом следует учитывать, что лесная рента устанавливается в виде абсолютной суммы в расчете на 1 м<sup>3</sup> заготавливаемой древесины; возникает только на рентабельных лесосеках; не должна включаться в себестоимость лесозаготовок, т. е. не должна увеличивать ее, она должна изыматься только из прибыли и соответствовать сверхнормативной прибыли (приближаться к ней); устанавливается при лицензировании и оформлении аренды, вносится в договор на аренду лесов и под-

лежит ежегодному уточнению самим лесопользователем, представляющим арендодателю соответствующие технико-экономические расчеты потока реальных средств в планируемом году.

Методика практического определения лесной ренты и соответственно суммы расчетного налога основывается на оценках инвестиционной и производственно-финансовой деятельности лесозаготовительных предприятий.

Поток реальных денег  $\Phi_i(t)$  предприятия от инвестиционной, операционной (производственной) и финансовой деятельности в каждом периоде осуществления проекта складывается из сальдо притока  $\Pi_i(t)$  и оттока  $O_i(t)$  денежных средств:

$$\Phi_i(t) = \Pi_i(t) - O_i(t). \quad (1)$$

Приток денежных средств включает прибыль от реализации заготовленной древесины после уплаты налогов  $F$ , амортизационные отчисления на обновление (реновацию) основных производственных фондов  $A$ , заемные средства (займы, кредиты, ссуды, субсидии)  $C$ , полученные или взятые предприятием в текущем году:

$$\Pi_i(t) = F + A + C. \quad (2)$$

Отток денежных средств включает погашение полученных предприятием займов, кредитов, ссуд  $C_1$ ; собственные средства, вложенные в производство, т. е. собственные инвестиции или капитальные вложения  $K$ ; выплаты процентов за взятые или полученные ранее (в предыдущем году) ссуды, кредиты, займы  $C_2$ ; денежные средства, фактически затраченные на строительство и содержание лесовозных дорог  $D_1$ ; средства, затраченные на воспроизводство лесных ресурсов  $D_2$ :

$$O_i(t) = C_1 + K + C_2 + D_1 + D_2. \quad (3)$$

Как видно, поток реальных денег выражает экономический результат (эффект) инвестиционной, операционной (производственной) и финансовой деятельности лесопользователя в текущем году. Если сумму годовой выручки (годовой стоимости заготовленной древесины) обозначить через  $B$ , то показатель экономической эффективности инвестиционной и производственно-финансовой деятельности лесопользователя

$$E = \frac{\Phi_i(t)}{B}. \quad (4)$$

Показатель экономической эффективности  $E$  соединяет в себе, с одной стороны, нормативную эффективность лесозаготовительного производства, достаточную для выплаты дивидендов владельцам акций предприятия-лесопользователя  $E_n$ , с другой стороны, если  $E > E_n$ , – сверхнормативную эффективность, обусловленную качеством и местоположением лесных ресурсов, т. е. рентной природой лесопользования на лучших (выше средних) лесосеках.

Если  $E > E_n$ , то лесная рента  $p$  в долях стоимости заготовленной древесины  $B$  составит

$$p = E - E_n = \Delta E. \quad (5)$$

Тогда рентный налог  $P$ , который должен получить собственник лесосеки (государство), можно найти из выражения

$$P = (E - E_n) B = \Delta E \cdot B. \quad (6)$$

В случае, если  $\Delta E \leq 0$ , рентный налог не должен взиматься. При расчете амортизационных отчислений на реновацию основных фондов  $A$  используют действующее амортизационное законодательство, утвержденные нормативы амортизационных отчислений по видам и группам основных производственных фондов, принятые методики и подходы к расчету амортизационных отчислений, в том числе и при 100 %-м износе, а также утвержденные рекомендации и коэффициенты ускоренной амортизации.

Приведенная сумма заемных средств  $C_1$  определяется исходя из внутренней нормы доходности (ВНД) и суммы приведенных потоков реальных денежных средств  $\Phi_i(t)$ .

Приведенный поток реальных денежных средств  $\Phi_0$  определяет по формуле

$$\Phi_0 = \sum_{t=0}^T \Phi(t) \frac{1}{(1+r)^t}, \quad (7)$$

где  $T$  – оставшийся срок аренды лесного фонда (лесосеки);

$r$  – норма дисконтирования (показатель рентабельности), которая соответствует средней учетной ставке банка.

Соответственно ВНД равна норме дисконта  $r_{\text{вн}}$ , при которой величина приведенных потоков реальных денежных средств  $\Phi_0$  равна приведенным заемным средствам.

Иными словами,  $r_{\text{вн}}$  или ВНД находят из уравнения

$$\sum_{t=0}^T \frac{\Phi(t)}{(1+r_{\text{вн}})^t} = \sum_{t=0}^T \frac{C_1(t)}{(1+r_{\text{вн}})^t}. \quad (8)$$

Внутренняя норма доходности (рентабельности), определяемая в процессе расчета по формуле (8), сравнивается с требуемой банком (инвестором) нормой дохода на вкладываемый капитал и является одним из основных показателей при принятии банками решения о предоставлении кредита.

Для положительного решения банки требуют, чтобы  $r_{\text{вн}}$  была более чем в два раза выше средней учетной ставки банка  $r$ , т. е.  $r_{\text{вн}} > 2r$ . Средства для капитальных вложений  $K$  на арендованном участке лесного фонда могут быть, в частности, привлечены лесопользователем путем эмиссии ценных бумаг (акции, облигации и др.) на сумму стоимостной оценки запасов древесины на лесосеках. На инвестиции  $K$  может быть использована также часть прибыли  $F$ . Необходимо отметить, что стоимостная оценка запасов древесины на арендуемом участке лесного фонда увеличивает стоимость рыночной капитализации и активов предприятия-лесопользователя, что по-

зволяет накапливать портфельные инвестиции для их дальнейшего использования в качестве собственных капитальных вложений.

Проценты за пользование заемными средствами  $C_2$ , как правило, ограничиваются ставкой рефинансирования Центробанка, увеличенной на 2 или 3 %. При задержке уплаты процентов более чем на год их сумма рассчитывается на условиях сложного процента. Лесная рента рассчитывается по каждой лесосеке. Если лесопользователь ведет лесозаготовку на нескольких лесосеках, то уплате в бюджет подлежит суммарная лесная рента

$$P_c = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (9)$$

где  $n$  – число лесосек;

$P_i$  – лесная рента по  $i$ -й лесосеке.

Формулы (5) и (6) допускают отрицательные значения  $P$  и  $P_c$ . Следовательно, по формуле (9) отрицательный рентный налог по отдельным лесосекам будет погашаться положительным рентным налогом на других. Отмеченная особенность уплаты только суммарного рентного налога лесопользователем имеет важное значение, так как данный налог будет противодействовать использованию только лучших лесосек, как это имеет место в настоящее время.

Разумеется, переход на рентные платежи в лесопользовании не может быть осуществлен в виде единовременной налоговой реформы, а требует разработки поэтапной перестройки этой системы.

Представляется важным осуществить постепенную трансформацию налогообложения лесозаготовительных предприятий на основе учета лесной ренты по каждому объекту лесопользования (лесхоз или лесосека). Можно провести эксперимент по рентному налогообложению, например, в Республике Коми, и отработать его методику. Переход на рентное налогообложение повлечет лишь незначительные изменения в налоговом законодательстве. В нем необходимо уточнить налоговую базу и изменить принцип налогообложения, заменив ставки лесных податей за древесину, отпускаемую на корню, единым рентным налогом.

Сыктывкарский лесной институт  
С.-Петербургской государственной лесотехнической академии

Поступила 23.03.2000 г.

*N.M. Bolshakov*

### **Methodological Basis for Formulating Rental Payments in Forest Management**

New methodological approaches are substantiated for maintaining continuous transformations in the taxation of forest harvesting enterprises based on the forest rent for each forest management object.

УДК 658.14

**Г.П. Бутко**

Бутко Галина Павловна родилась в 1955 г., окончила в 1977 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры менеджмента и ВЭД предприятия Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет более 50 печатных работ по оценке ТЭУ, конкурентоспособности и инновационному потенциалу предприятия.



### **СОСТОЯНИЕ И ФИНАНСИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СФЕРЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

Обоснована необходимость регулирования инновационной деятельности, способствующего повышению заинтересованности к долгосрочным вложениям инновационного характера.

лесной комплекс, инновации, невосприимчивость, регулирование, заинтересованность.

Современный период развития экономики России характеризуется резким замедлением инновационного процесса. Негативное влияние оказывают инфляция, спад производства, неплатежеспособность предприятий, рост цен, разбалансированность бюджета; нарастает моральный и физический износ основных фондов. Производственный потенциал большинства предприятий лесного комплекса нуждается в значительном обновлении. Базовые индексы фондоотдачи снижаются: в 1998 г. по сравнению с 1996 г. на 38 %, по отношению к базовому 1992 г. – на 53 %. Обновление основных фондов в целом по лесному комплексу уменьшается. Ввод в действие основных фондов в 1998 г. по сравнению с 1992 г. составлял 69 % [2].

Резко усилилась невосприимчивость к научно-техническим инновациям. В новых условиях коммерциализация применяется, как правило, на этапах выпуска и эксплуатации, где заканчивается инновационный цикл. Проблема широкого распространения инноваций сдерживается технической отсталостью, а также слабой адаптацией предприятий к новшествам, значительными межотраслевыми отличиями в техническом и технологическом уровне производства. Именно эти обстоятельства являются наиболее «узким местом» инновационного цикла. В трудах Н.И. Третникова [5] доказано, что 80 % качества будущих изделий закладывается при их проектировании. Другие авторы [3] отмечают, что на разработку инновационного проекта приходится 70 ... 75 % от суммарного эффекта. О.Д. Андреева дает в [1] разбивку конечной величины эффекта по стадиям жизненного цикла инновационного проекта. Н.Н. Моисеев [4], размышляя о том, есть ли у России будущее, назвал процесс разработки инновационных проектов решаю-

цим. Реализация их может стать началом модернизации производства в совершенно новый тип.

Отрицательное влияние на инновации оказывает недостаточная ориентация на потребности экономики в условиях структурной перестройки. В результате использования отсталых производств нет существенных сдвигов в сокращении численности занятых, несмотря на наблюдающийся производственный спад.

Многоаспектность понятия эффективности инновационной сферы требует соответствующих методов ее оценки по каждому из исследуемых направлений. основополагающим при этом является критериальный подход, в основу которого должен быть положен единый, на наш взгляд, критерий рациональности. Наличие множества показателей делает невозможным интегрирование их в какую-либо единую методику. Учет влияния различных аспектов эффективности необходимо, по нашему мнению, свести к ограниченному количеству показателей, что, в свою очередь, позволит упростить решение многофакторной задачи.

Современный уровень производства вызывает необходимость в постоянном увеличении средств на развитие научных исследований и реализацию инноваций. Оценка научно-технического эффекта может быть осуществлена экспертным путем по шкале, разработанной для разных видов научно-технических работ. В основу шкалы заложены следующие признаки: научно-технический уровень предполагаемых результатов, перспективность, возможный масштаб внедрения, степень вероятности успеха и др. Однако экспертно-балльным методам оценки научно-технической эффективности присущи существенные недостатки:

- проведение независимой и квалифицированной экспертизы достаточно затруднительно в силу концентрации научных исследований в рамках ведущих научных коллективов;

- предпочтение отдается ученым и научным организациям с уже сложившимся именем в рамках традиционных направлений, что вызывает некоторый консерватизм в оценках;

- на подобные экспертные оценки требуются значительные время и финансы.

Для проверки адекватности моделирования нововведений на существование тенденций определяли дисперсию методом Фостера – Стюарта. При этом значения критерия Стьюдента составили 2,673 и 2,085 при табличном значении 1,84 для уровня существенности 0,1, что свидетельствует о наличии тенденции, характеризующейся средним годовым темпом роста и дисперсией.

Средний темп роста внедрения нововведений лесопромышленных предприятий до 1999 г. в течение 16 лет по Уральскому экономическому региону определяли как среднюю геометрическую ряда последовательных (цепных) темпов роста числа, выраженных в долях единицы:

$$T_t = t-1 \sqrt{\frac{Y_t}{Y_1}} = 15 \sqrt{\frac{29}{2}} = 1,19,$$

где  $Y_1, Y_t$  – число нововведений, внедренных соответственно в первом и последнем годах;

$T$  – число лет, по которым сделана выборка,  $t = 16$ .

Для хозяйствующих субъектов в большей степени представляет интерес экономическая оценка эффективности научно-технических исследований, внедрение которых будет способствовать реализации целей бизнеса, а стало быть, повышению эффективности функционирования хозяйствующего субъекта. Подобного рода оценки производятся в рамках экономического обоснования эффективности внедрения инновационных проектов, осуществляемых в рамках инвестиционной деятельности предприятия. Выступая как количественный измеритель полезности, экономический эффект от инноваций представляет собой своего рода итог совместной деятельности науки и производства.

Низкое, по сравнению с мировыми образцами, качество отдельных видов продукции закрывает им путь в дальнее зарубежье, поэтому 85 % продукции отрасли потребляется внутри страны. Поставки строительных материалов и изделий в страны ближнего зарубежья не превышают 7 % от объема производства и имеют тенденцию к сокращению. По этой же причине нередко ограничивается сбыт на внутреннем рынке.

Однако главный недостаток в производстве продукции отрасли заключается не столько в значительно более низком качестве ряда изделий по сравнению с зарубежными аналогами или отсутствии выпуска некоторых прогрессивных материалов, сколько в неоптимальной структуре производства материалов и изделий одинакового функционального назначения.

Организационно-экономическая структура инновационной сферы не адекватна изменяющимся задачам развития страны и не способствует заинтересованности разработчиков инноваций. Это проявляется в низком техническом уровне созданных образцов отдельных видов оборудования. В 1999 г. доля оборудования, технический уровень которого выше уровня лучших отечественных и зарубежных аналогов, составлял в целом 7 %. Необходимо разработать организационно-экономический механизм НТП, отвечающий рыночным требованиям и текущим потребностям переходного периода.

Предпринимавшиеся ранее попытки разработать отдельный механизм ускорения НТП не были удачны. На практике так и не произошло слияния науки и производства. Это звено, как и раньше, остается уязвимым. Без его усиления невозможно получить положительные результаты в коммерческом применении инноваций. Повторением ошибок прошлых лет является и сегодняшнее «сосуществование» двух экономических механизмов (в науке и хозяйстве). Первый создан для планирования и финансирования НИОКР, охватывает функционирование отрасли «наука и научное обслуживание», ее кадровый потенциал и направлен на поддержку научно-

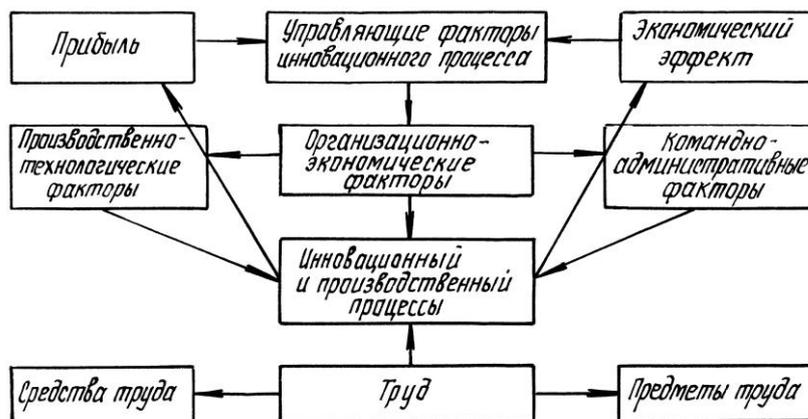


Схема взаимодействия управляющих факторов в инновационном процессе

технической деятельности. Второй определяет хозяйственную деятельность без учета инновационной направленности. В то же время встраивание одного механизма в другой для сопровождения всего инновационного цикла не происходит, они разобщены как во времени, так и в применяемых подходах.

Как показано на рисунке, структурные сдвиги в инновационном процессе происходят под воздействием изменения соотношения между затратами ресурсов, а также между затратами труда и средств производства. Инновационный процесс в сфере производства предполагает использование новых технологий, наукоемких машин, оборудования, перспективных материалов, научной организации труда, что позволит заменить традиционные ресурсо- и энергоемкие процессы на высокотехнологические, которые и являются основой экономического роста производства на микро- и макроуровнях.

В переходный период государство должно выполнять функции регулятора и стимулятора инновационной деятельности. Регулирование означает выработку организационных и административных мер наряду с экономическими рычагами (бюджетное финансирование), которые являются прямыми. Обычно они используются для поддержки начального этапа инновационного цикла. Косвенные методы, как правило, применяются уже в процессе материализации идеи, на этапах производства и потребления инноваций, несут стимулирующий характер для производителей и потребителей нововведений. Взаимосвязано с регулированием и стимулирование инновационной деятельности, целенаправленная ориентация на получение конечного результата.

Стимулирующее воздействие применяемых рычагов возможно лишь тогда, когда имеется экономический интерес товаропроизводителей по всей инновационной цепочке – от разработки и производства до потребления новшеств. В настоящее время у предприятий нет экономических условий, чтобы использовать инновации. Поэтому необходимо создать им соответствующие предпосылки для спроса на инновации. В сложившихся обстоя-

тельствах необходимо не столько воздействовать на сам инновационный процесс, сколько сформировать условия, вызывающие потребность в его осуществлении. Следовательно, нужен новый, надежный механизм регулирования инновационной деятельности, способствующий повышению заинтересованности к долгосрочным вложениям инновационного характера.

Система инновационных факторов обуславливает структурные сдвиги в производственном процессе по нескольким направлениям. Рационализация на основе инноваций производственно-технологической структуры производства способствует сокращению числа производственных процессов, организационно-экономические инновационные мероприятия совершенствуют процесс взаимодействия отдельных участков производства на уровне одного предприятия или между отдельными звеньями на уровне инновационного комплекса.

С развитием рыночных отношений необходимо регулирование и стимулирование непосредственно инновационной деятельности хозяйствующих субъектов, массового распространения инноваций. В общем виде организационно-экономический механизм повышения инновационной активности должен разрабатываться на основе приоритета экономических интересов предприятий. Государство с помощью косвенных методов обеспечивает соответствующие организационно-экономические условия.

В дальнейшем значение экономических стимулов не уменьшается, но постоянно возрастает роль внеэкономических рычагов государства. Усиливается воздействие прямых методов регулирования (программно-целевые, административные) на базе госзаказов, госконтрактов.

Чтобы выйти из инновационного кризиса, необходимо сформировать организационно-экономический механизм реализации инноваций, который включает такие элементы, как финансирование, внутрифирменное планирование, маркетинговые исследования инноваций.

В условиях формирования рыночных отношений государственное финансирование инновационных структур должно поддерживать эту очень специфическую область хозяйственной деятельности хотя бы на достигнутом уровне. В перспективе, в условиях сформировавшегося рынка, финансовая система будет стимулировать повышение активности инновационной деятельности в экономике и стабилизации производства.

Источники финансирования инноваций: государственные средства, собственные средства промышленных предприятий, высших учебных заведений, некоммерческих организаций, иностранный капитал, частные сбережения населения и кредитные ресурсы.

Государственное финансирование и инвестирование в инновационное развитие может быть реализовано за счет привлечения бюджетных ассигнований, средств госпредприятий и специальных фондов. Они будут способствовать интенсификации технологических процессов, повышая тем самым конкурентоспособность продукции. Эти средства покрывают затраты капиталоемких исследований, приоритетных направлений НТП.

В перспективе намечается привлечение государственных средств только на поддержку фундаментальных программ.

Предшествующий практический опыт управления НТП в нашей стране свидетельствует о том, что в целом ряде случаев лица, которые возглавляли инновационное звено экономической деятельности, определяли ее стратегию и тактику, материально не выигрывали и не проигрывали в зависимости от того, к каким последствиям приводили их решения, не рисковали, перекладывая риск на общество в целом.

Риск возникает тогда, когда управляемая экономическая система функционирует в условиях неопределенности, конкуренции, а лица, принимающие решения, заинтересованы в конечном результате.

На величину экономического риска существенно влияет, уменьшая его, наличие страховых механизмов, запасов, резервов. Выпуск принципиально новой продукции, не имеющей аналога, предполагает иные подходы к выработке рискованной и маркетинговой стратегии. Целесообразно обеспечить взаимную увязку всех стадий производственного процесса на самом предприятии, т. е. согласовать и сбалансировать по всем функциям требования маркетинга – от поступления новых материалов, сырья, деталей, нематериальных активов до поставок готового продукта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреева О.Д.* Маркетинг: проблема оценки конкурентоспособности продукции. - Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 1998.
2. *Бутко Г.П.* Оценка качества и конкурентоспособности продукции. Социально-экономические проблемы международных отношений // Тез. региональной науч.-практ. конф. с международным участием. Екатеринбург, 16-17 окт. 1998 г. - М.: Былина, 1998.
3. *Кирина Н.В.* Стратегия инновационной деятельности предприятия. Формирование механизмов управления предприятием в условиях становления рынка / Под ред. В.В. Титова, В.Д. Марковой. - Новосибирск, 1995.
4. *Моисеев Н.Н.* Эффективные технологии будущего. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1996.
5. *Третников Н.И.* Обновление техники в производстве. - Л.: Изд-во ЛИЭИ, 1991.

Уральская государственная лесотехническая академия

Поступила 01.12.98

*G.P. Butko*

#### **Situation and Funding of the Innovation Sphere of Wood-industrial Enterprises**

The necessity of regulating the innovation activity is substantiated promoting the increasing interest to long-term investments of the innovation character.

УДК 061.75

**100-ЛЕТИЕ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
ВАСИЛИЯ ЕВДОКИМОВИЧА ПЕЧЕНКИНА**

В январе 2001 г. исполнилось бы 100 лет одному из основателей высшего лесотехнического образования в нашей стране, заслуженному деятелю науки и техники Марийской АССР, кандидату технических наук Василию Евдокимовичу Печенкину. До своего векового юбилея ученый не дожил 5 лет.

В память о В.Е. Печенкине Марийский государственный технический университет 24–26 января 2001 г. провел Международную научно-практическую конференцию «Рациональное использование лесных ресурсов» с тематикой: лесной фонд, лесные ресурсы и экологические проблемы лесопользования; технология и техника лесного хозяйства, лесозаготовок, сухопутного и водного лесотранспорта и деревообработки; информатизация, экономика и управление процессами лесного комплекса.

Начальное образование В.Е. Печенкин получил в трехклассной приходской школе, а уже в 11 лет начал работать на Лысьвенском металлургическом заводе графа Шувалова. В 1917 г. он стал членом социалистического союза молодежи, в 1918 г. – красногвардейцем, а потом и старшиной батальона частей особого назначения. В 1920 г. его посылают учиться на рабфак в г. Чусовой, а затем в г. Пермь (1921–1924 гг.). По распределению рабфака В.Е. Печенкин поступил учиться в Петроградский лесной институт (позднее ЛТА им. С.М. Кирова).

В 1924–1928 гг. он был студентом лесохозяйственного факультета Лесотехнической академии, в 1930–1931 гг. – аспирантом кафедры механизации лесозаготовки, затем еще два года работал ассистентом.

В 1931–1934 гг. Василий Евдокимович участвовал в создании кафедры механизации лесоразработок ЛТА, которая выделилась из кафедры лесозаготовки, подготовил и прочитал курс лекций по механизации лесозаготовительных работ. Молодой преподаватель, инженер, активный член студенческой лесосечной бригады В.Е. Печенкин в переполненной аудитории не только теоретически объяснял особенности конструкций бензопил, но и демонстрировал их работу. Лектор со своими помощниками проводили показательную распиловку под гром аплодисментов студентов. Все присутствовавшие понимали историческую значимость публичной демонстрации отечественных и зарубежных бензопил – это было начало механизации лесозаготовок в стране. Так в 1932 г. было положено практическое начало освоению машин и механизмов на лесозаготовках. В последние годы своей долгой и яркой жизни В.Е. Печенкин часто вспоминал эти дни как радостное событие.

В 1933 г. он стал доцентом кафедры механизации лесоразработок ЛТА, в 1938 г. выпустил первый в СССР учебник «Механизация лесоразработок» (т. 1) для лесотехнических вузов. Наряду с педагогической и научно-исследовательской работой, В.Е. Печенкин вначале исполнял обязанности заведующего кафедрой, а в 1933–1937 гг. был его заместителем.

После защиты кандидатской диссертации по совокупности научно-педагогических работ в 1937 г. В.Е. Печенкин был назначен ректором вновь созданного Сибирского лесотехнического института, где до 1942 г. одновременно заведовал кафедрой механизации лесоразработок.

Война изменила все творческие планы ученого. В 1942–1943 гг. он был арбитром и уполномоченным Государственного комитета обороны по Красноярскому

краю. В 1944 г. В.Е. Печенкин стал ректором Уральского лесотехнического института, где одновременно работал заведующим кафедрой механизации лесозаготовок до 1948 г. В эти годы Василий Евдокимович много сил отдал сохранению и дальнейшему развитию высшего лесотехнического образования на Урале, где его помнят и поныне.

В 1948 г. В.Е. Печенкина перевели в г. Йошкар-Олу, где прошел весь дальнейший его жизненный путь. Ровно половину своей жизни он отдал Республике Марий Эл, городу и Поволжскому лесотехническому институту (затем МарПИ, а ныне МарГТУ). До 1972 г., т. е. в течение 24 лет, В.Е. Печенкин заведовал кафедрой механизации лесоразработок и воспитал множество учеников. В 1976 г. за активную деятельность по подготовке кадров и научные достижения в области механизации лесозаготовок и деревообработки ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники Марийской АССР».

Здесь ученый много и плодотворно работал над научными проблемами механизации лесозаготовок, электрификации лесного хозяйства, создания сучкорезных станков для лесопромышленных складов, бесстружечного резания древесины, разработки новых видов арболита и полимерарболита и др. С 1957 г. по 1982 г. Василий Евдокимович был научным руководителем научно-исследовательской лаборатории института, учрежденной Казанским филиалом АН СССР в 1949 г. как станция электрификации сельского и лесного хозяйства (1949–1960 гг.). С 1960 г. эта сохраненная усилиями В.Е. Печенкина станция стала научно-исследовательской лабораторией механизации и автоматизации производственных процессов на лесных складах и транспорте леса. Из этой лаборатории вышли многие видные ученые. Для сообщения об опыте работы лаборатории В.Е. Печенкин в 1959 г. ездил в Финляндию.

В течение двух лет перед выходом на заслуженный отдых в 1984 г. В.Е. Печенкин работал в должности доцента и старшего научного сотрудника Марийского политехнического института. Он автор более 90 учебно-методических и научных работ и более 60 публицистических статей в различных газетах и журналах.

По всей России работают ученики В.Е. Печенкина, которым он передал свои знания и богатый жизненный опыт. В последние годы своей жизни Василий Евдокимович писал воспоминания, выступал перед студентами, ездил на производство. Он оставался жизнерадостным оптимистом, делал выписки из литературы и постоянно давал социально-экономические оценки современным преобразованиям в стране и Республике Марий Эл. Часто приглашал к себе домой близких друзей и соратников, делился с ними своими мыслями, идеями, готовил предложения по сохранению и совершенствованию народного хозяйства, прежде всего лесного хозяйства и лесной промышленности.

Комсомолец 20-х годов, ветеран коммунистической партии с 1926 г., ветеран труда и персональный пенсионер союзного значения В.Е. Печенкин – яркий пример человека активной жизненной позиции. Светлую память о Василии Евдокимовиче хранят все, кто знал и уважал этого прекрасного человека.

**Г.С. Ощепков, Ю.А. Ширнин, П.М. Мазуркин**

Марийский государственный технический университет

*G.S. Oshchepkov, Yu.A. Shirnin, P.M. Mazurkin*  
**To the 100<sup>th</sup> Birthday of Vasily E. Pechenkin**

---

## ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

### 65 ЛЕТ СОЛОМБАЛЬСКОМУ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМУ КОМБИНАТУ

Соломбальский целлюлозно-бумажный комбинат (СЦБК) является конкретным воплощением социалистической индустриализации лесной отрасли Европейского Севера в 20-е – 30-е годы прошлого столетия. Еще в 1928 г. Высший совет народного хозяйства СССР запланировал строительство под Архангельском первого в стране лесопромышленного комбината из двух 12-рамных лесозаводов-гигантов и соответствующего им по мощности сульфатно-целлюлозного завода для переработки отходов лесопиления.

Уже изначально Соломбальскому комбинату придавалось огромное значение. Губернская газета «Волна» в 1928 г. отмечала, что в связи с его строительством и пуском «...существующие заводы будут переоборудованы, лесобиржи механизированы. Развернется большое жилищное строительство..., произойдет переоборудование порта, улучшение сплавных путей, расширение лесоразработок, заселение отдельных районов края, массовый приток квалифицированной рабочей силы, научно-технических и культурных работников..., себестоимость целлюлозы будет ниже зарубежной..., вывозя же продукцию за границу целлюлозный завод будет давать СССР 972 тысячи фунтов стерлингов в год..., мы сделаем наш край индустриальным, цветущим, многолюдным».

Даже с позиций сегодняшнего дня данная идея выглядит весьма привлекательно и актуально: построить крупное, основанное на достижениях научно-технического прогресса предприятие, комплексно перерабатывающее древесину, способное поставлять на экспорт не сырье, а продукты его глубокой переработки, и дающее стимул к развитию смежных отраслей и инфраструктуры.

В соответствии с проектом, разработанным Ленинградским отделением Гипролеспрома, мощности Соломбальского комбината позволяли перерабатывать в экспортные пиломатериалы до 1300 тыс. м<sup>3</sup> древесины, а из отходов получать до 60 тыс. т в год экспортной сульфатной целлюлозы (6 варочных котлов по 125 м<sup>3</sup> каждый).

Комплекс строился поэтапно: в 1931 г. был запущен в эксплуатацию лесопильный завод, а в 1933 г. развернуто строительство сульфатно-целлюлозного завода. В октябре 1935 г. была проведена первая варка целлюлозы, а в апреле 1936 г. целлюлозный завод был официально введен в число действующих предприятий в составе Главного управления целлюлозной промышленности Наркомлеса СССР.

В короткие сроки трудовой коллектив Соломбальского целлюлозного завода освоил выпуск новых марок целлюлозы, необходимых для производства продуктов военного назначения, часть целлюлозы с мая 1942 г. стали отгружать на экспорт в оплату вооружения, поступавшего для СССР по ленд-лизу.

В 50-е годы на заводе без больших капитальных вложений путем модернизации и замены устаревшего оборудования, внедрения передовой технологии и механизации удалось превзойти сначала довоенный уровень производства сульфатной целлюлозы, а затем и проектные мощности.

В связи с созданием Совнархозов целлюлозный завод был объединен с соседним лесозаводами № 16, 17 и именовался Соломбальским бумажно-деревообрабатывающим комбинатом. К началу 60-х годов на комбинате был сделан еще один значительный шаг в деле комплексной переработки древесины. Впервые в стране было освоено открытое хранение больших объемов технологической щепы. Само лесопильное производство благодаря этому стало в большей степени безотходным.

Одновременно с заменой всех шести клепаных варочных котлов на цельносварные началась масштабная реконструкция комбината, что привело к увеличению объемов выпуска целлюлозы более чем в три раза. В это же время началось внедрение непрерывной варки и промывки целлюлозы, были организованы цеха каустизации щелоков, регенерации извести, переработки таллового масла, биологической очистки всех сточных вод.

В 70-е годы объем производства целлюлозы на Соломбальском ЦБК достигал до 230 тыс. т в год. К тому времени вокруг основного производства сформировалась мощная инфраструктура: вспомогательные производства, дороги, мосты, социальные объекты, жилой фонд и т.д. Коллектив комбината много работал над решением проблем стандартизации и повышения качества продукции, что в конечном итоге позволило ему занять прочное место на внешнем рынке.

90-е годы для предприятия, как и для всей нашей страны, стали трудным периодом вхождения в рыночную экономику. В соответствии с Указом Президента России в 1992 г. комбинат был преобразован в открытое акционерное общество, затем началась его приватизация. Несколько тысяч бывших и работающих членов коллектива стали его акционерами, самый большой (40 %) пакет акций был выставлен в августе 1994 г. на инвестиционный конкурс. Победитель конкурса – российско-финское предприятие «Экокомплекс» – приступило к реализации программы технического перевооружения комбината, а директор «Экокомплекса» профессор Ю. А. Малков стал первым председателем Совета Директоров ОАО «Соломбальский ЦБК».

В рамках выполнения программы на комбинат было привлечено порядка 16 млн долларов инвестиций – за счет этого был пущен в эксплуатацию собственный древесно-подготовительный цех, заменен узел сортирования и промывки целлюлозы, проведен капитальный ремонт варочных котлов, построена известерегенерационная печь. Не были забыты и вопросы экологии: за счет модернизации оборудования и технологии на комбинате проводится комплекс работ по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу и водную среду, вовлечению в промышленный оборот и утилизацию все больших объемов древесных отходов деревообрабатывающих производств.

Особое внимание на предприятии уделяется вопросам совершенствования качества: создана и действует система управления качеством на основе международного стандарта ISO-9002, что позволило соломбальской целлюлозе закрепиться на традиционных рынках Европы и освоить новые рынки в США и Юго-Восточной Азии. Признанием высокого качества соломбальской целлюлозы явилось и получение таких наград, как Европейский международный приз «Золотая Звезда» (1992), «Приз за технологию и качество» Международного клуба коммерческих лидеров в Мадриде (1994), Корпоративная награда «Факел Бирмингема» за успешное экономическое развитие (1995), диплом «Лучший российский экспортер» Министерства торговли РФ (2000).

Стратегия развития ОАО «Соломбальский ЦБК» в новом тысячелетии предусматривает переход на производство продуктов более глубокой химической переработки древесины, диверсификацию производства и расширение его масштабов за счет освоения новых направлений лесного бизнеса.

**Н.П. Львов, генеральный директор ОАО «Соломбальский ЦБК»,  
заслуженный работник лесной промышленности РФ,  
академик Международной академии информатики**

**А.В. Пластинин, председатель Совета Директоров ОАО «Соломбальский ЦБК»,  
доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН**

*N.P. Lvov, A.V. Plastinin*

**65 years to Solombala Pulp-and-Paper Mill**

---