К сведению авторов!

Во втором полугодии 1999 г. ИВУЗ «Лесной журнал» планирует издание специализированного номера по подпрограмме «Комплексное использование древесного сырья» приоритетного направления «Новые материалы и химические продукты».

Ожидаем от Вас статьи по результатам исследований, выполненных в 1998–1999 гг. по I–V направлениям данной подпрограммы, для опубликования в тематическом номере.

Статьи в тематический номер принимаются до 1 августа 1999 г.

УЧИМСЯ ЗАЩИЩАТЬ ЗАПОВЕДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Конференция IUCN/ECEE 9-12 сентября 1999 г., Великобритания

Европейская конференция для тех, кто заинтересован в развитии природоохранного образования, общения и обучения на заповедных территориях Европы

Дальнейшую информацию может дать:

Peter Townsend, Principal
Peak District National Park Centre,
Losehill Hall, Castleton,
Hope Valley, Derbyshire.
S33 8WB, UK.
Tel: 00 44 1433 620373
Fax: 00 44 1433 620346
Email: pt@losehill.u-net.com

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
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

1

БИБЛИОТЕКА
АРХАНГЕЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

1999

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

Ответственный секретарь **Р.В. Белякова**

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

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

Сдан в набор 01.02.99. Подписан в печать 06.04.99.
Форм. бум. 70x108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,48. Усл. кр.-отт. 13,48 .
Уч.-изд. л. 16,37. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

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

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1999

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Л. Е. Астрологова. Изменение запасов фитомассы на луговиковой вырубке за 25 лет естественного развития 7
Е. П. Смолоногов. Некоторые аспекты теории лесной типологии 12
Л. И. Майоров. Горизонтальная структура естественных елово-лиственных молодняков как фактор машинизации их осветления 16
И. И. Ролдугин. Ботанико-географическая характеристика еловых и пихтово-еловых лесов Тянь-Шаня в целях их кадастровой оценки 21
А. И. Землянухин. Лабораторный пневмоклассификатор порционного действия 24
Г. Т. Криницкий, В.К. Заика. Особенности биосинтеза монотерпенов у полусибсовых деревьев сосны обыкновенной в начальный период формирования насаждений 27
В. Н. Коновалов, Л.В. Коновалова. Трансформация физиологических процессов у древесных растений в притундровых биогеоценозах под влиянием природных и антропогенных факторов 33

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

А. В. Жуков, О.В. Петрович. Аналитические зависимости работы крестообразной сцепки лесовозного автопоезда 42
С.И. Морозов. Удар цилиндрических тел о препятствие 48
В. И. Кучерявый, В.Д. Чарков. Расчет надежности деталей лесных машин при циклических напряжениях 54
Е. А. Михина. Определение протяженности лесовозных дорог для бассейна р. Ваеньги 58

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

В. Е. Воскресенский. Оптимальные режимы отделения луба от бересты 62
Н. Е. Николаев, В. П. Стрелков. Экологически чистые трудногорючие древеснокомпозиционные плитные материалы многофункционального назначения 71
А. А. Веселов. Оптимизация состава древесных частиц при их изготовлении из различных отходов 76
И. Мюллер. Опыты по биологической защите древесины сосны от посинения 82
В. В. Ермилов. Релаксационные напряжения в лесоматериалах из древесины сосны при изготовлении их методом формования 89

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Ф. Х. Хакимова, Д.Р. Нагимов, Т. Н. Ковтун. Отбелка сульфитной целлюлозы пероксидом водорода без хлорсодержащих реагентов (сообщение 1) 93
Ф. Х. Хакимова, Т. Н. Ковтун, Д.Р. Нагимов. Отбелка сульфитной целлюлозы пероксидом водорода без хлорсодержащих реагентов (сообщение 2) 97
И. И. Осовская, Г.М. Полторацкий. Влияние солей-электролитов KJ и $MgSO_4$ в системе целлюлоза–вода–электролит на термодинамические свойства целлюлозы 101

И. С. Гелес. О варке неокоренной древесины 106
Б. Д. Левин, Ф. И. Накрохин. Сравнительная оценка методов сушки биологически активных кормовых добавок из древесной зелени хвойных 114
И. Я. Киселев. Электрические свойства пленок некоторых жирных кислот и глицеридов 117

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В. И. Мосягин. Ценообразование на вторичные ресурсы и получаемую из них продукцию 122
В. Н. Петров. Экономико-правовые аспекты объектов и субъектов лесных отношений 130

ИСТОРИЯ НАУКИ

Г. С. Ощепков, Ю.А. Ширнин, В.Я. Полянин, П.Ф. Войтко. К 80-летию со дня рождения Юрия Яковлевича Дмитриева 136

ЮБИЛЕИ

Ректорат Архангельского государственного технического университета, редколлегия и редакция «Лесного журнала». Юбилей академика Э. Н.Сабурова 139

НЕКРОЛОГИ

В. Е. Леванов, А.П. Петров, В.А. Ильин, Н.А. Моисеев, Н.А. Бурдин, Ю.С. Комаров, Е.С. Романов. Памяти Т.С. Лобовикова 142

CONTENTS

FORESTRY

L. E. Astrologova. Changing of Phytomass on Meadow Felling Area for the Period of 25 Years of Natural Development 7
E. P. Smolonogov. Some Aspect of Forest Typology Theory 12
L. I. Majorov. Horizontal Structure of Natural Coniferous-broadleaved Young Growths as Factor of their Clarification Mechanization 16
I. I. Roldugin. Botanico-geographical Characteristic of Spruce and Fir-spruce Forests of Tyan-Shan 21
A. I. Zemljanukhin. Laboratory Pneumoclassifier of Batch Operation 24
G.T. Krinitsky, V.K. Zaika. Peculiarities of Biosynthesis of Monoterpenes of halp-sib Scotch Pine Trees (Pinus sylvestris) in the Prime Formation of Plantations 27
V.N. Konovalov, L.V. Konovalova. Transformation of Physiological Processes of Ligneous Plants in Pre-tundra Biogeocenoses under the Influence of Natural and Anthropogenic Factors 33

WOODEXPLOITATION

A. V. Zhukov, O.V.Petrovich. Analytical Dependencies of Cross Coupling Operation of Timber Truck Train 42
S. I. Morozov. Impact of Cylindrical Bodies on Obstacle 48
V.I. Kucheryavy, V.D. Charkov. Design Reliability of Parts of Forest Machines under Cyclic Stress 54
E.A. Mikhina. Determination of Wood Roads Extent for Vaenga River Basin 58

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

V. E. Voskresensky. Optimum Modes of Bast and Birch Bark Separation 62
N.E. Nikolaev, V. P. Strelkov. Ecologically Pure Noncombustible Wood-compositional Plate Materials of Multifunctional Use..... 72
A.A. Veselov. Optimization of Wood Particles Composition when Producing them from Different Waste 76
J. Myuller. Biological Protection of Pine Wood from Blueing 82
V.V. Ermilov. Relaxation Stresses in Pine Lumber when Manufacturing them by Moulding 89

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

F.Kh. Khakimova, D. R. Nagimov, T. N. Kovtun. Bleaching of Sulphite Pulp by Hydrogen Peroxide with Chlorine-Free Reagents (report 1) 93
F.Kh. Khakimova, T. N. Kovtun, D. R. Nagimov. Bleaching of Sulphite Pulp by Hydrogen Peroxide with Chlorine-Free Reagents (report 2) 97
I. I. Osovskaya, G.M. Poltoratsky. Influence of Salts-Electrolytes KJ and $MgSO_4$ in the Pulp-Water-Electrolyte System on the Thermodynamic Properties of Pulp 101
I. S. Geles. On Cooking Unbarked Wood 106

B.D. Levin, F. I. Nakrokhin. Comparative Assessment of Drying Methods for Biologically Active Fodder Additives from Wood Greenery of Coniferous Species 114
I.Ya. Kiselyov. Electric Characteristics of Sheets of Some Aliphatic Acids and Glycerydes 117

ECONOMICS AND MANAGEMENT

V. I. Mosyagin. Price Formation for Secondary Resources and Products Based on them 122
V. N. Petrov. Economic Aspects of Objects and Subjects of Forest Relations 130

HISTORY OF SCIENCE

G.S. Oshchepkov, Yu. A. Shirnin, V. Ya. Polyanin, P. F. Voitko. To the 80th Anniversary of Yury Ya. Dmitriev's Birth 136

JUBILEES

Rectorate of Arkhangelsk State Engineering University, Editorial Staff and Editorial Body of «Lesnoi Zhurnal». Jubilee of Academician E.N. Saburov..... 139

OBITUARY

V. E. Levanov, A.P. Petrov, V.A. Iljin, N. A. Moiseev, N. A. Burdin, Yu. S. Komarov, E.S. Romanov. In Memory of T.S. Lobovikov 142

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*181.9

Л.Е. АСТРОЛОГОВА

Архангельский государственный технический университет

Астрологова Лидия Евгеньевна родилась в 1939 г., окончила в 1961 г. Архангельский педагогический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и защиты леса Архангельского государственного технического университета. Имеет 60 печатных работ по вопросам биологической и хозяйственной продуктивности лесных фитоценозов Архангельской области.

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ФИТОМАССЫ НА ЛУГОВИКОВОЙ ВЫРУБКЕ ЗА 25 ЛЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

Прослежена динамика надземной фитомассы и ее состава в процессе развития луговиковой вырубки. Показано формирование травяного покрова после рубки древостоя.

The dynamics of the epiterranean phytomass and its composition has been traced in the process of development of meadow felling area. The formation of herbage after felling is shown.

В северной и средней подзонах европейской тайги в связи со сплошными рубками постоянно увеличиваются необлесенные площади, среди которых до 50 % занимают луговиковые вырубки [3, 4]. Эти лесные сообщества необходимо оценить с точки зрения биологической продуктивности, чтобы обеспечить их наиболее рациональное использование в народном хозяйстве.

Наши наблюдения проведены в Плесецком районе Архангельской области (средняя подзона тайги) на постоянной пробной площади на луговиковой вырубке, возникшей в 1970 г. после сплошной рубки сосняка черничного свежего [1], и в культурах сосны *Pinus sylvestris* L., созданных на части вырубки в 1971 г. посадкой трехлетних сеянцев в гребень борозды [2]. Почвы на рассматриваемых участках идентичны и представлены маломощными подзолами, подстилаемыми средним карбонатным суглинком.

Продуктивность растений древесного яруса определяли по данным сплошного перечета пород и массе модельных растений [5]; запасы фитомассы напочвенного покрова – по результатам укосов на площадках 0,25 м^2, располагающихся систематически по диагонали пробной площади в количестве 20...40 шт.

На свежей вырубке одновременно происходят два процесса. С одной стороны, разрушается исходный лесной покров, что выражается в гибели черники, брусники, зеленых мхов и ведет к снижению запасов фитомассы растений напочвенного покрова на 0,6 т/га по сравнению с древостоем. С другой стороны, формируется светолюбивое разнотравье, т. е. сменяются эдификаторы. Проективное покрытие напочвенного покрова на свежей вырубке составило 60 %, видовая насыщенность по сравнению с древостоем возросла до 21 вида.

В первый год после рубки древостоя разрастаются злаки, прежде всего луговик извилистый *Lerchenfeldia flexuosa* Schur., который становится основным производителем органического вещества данного сообщества (табл.1, данные сухой массы, постоянной при температуре 105 °С). В условиях вырубки луговик имеет два четко выраженных по высоте яруса (что свойственно злаковым растениям открытых местообитаний): верхний – цветоносов, нижний – вегетативных побегов. Куртины злака размещены неравномерно: он не развивается под появившейся порослью березы пушистой и на участках с поврежденной подстилкой. В условиях вырубки злак интенсивно размножается семенным путем и образует 551±56 колосков на куртину, что ведет к быстрому завоеванию площади. Таким образом, уже на свежей вырубке луговик определяет тип формирующегося фитоценоза.

Древесные растения на вырубке первого года представлены только порослью березы пушистой *Betula pubescens* L. На четвертый год после рубки древостоя проективное покрытие трав возросло до 90 %. Луговик полностью господствует в напочвенном покрове, определяет условия существования и размещения остальных видов растений, становится эдификатором на вырубке. Задерненность почвы усиливается, куртины луговика имеют средний диаметр 23±4 см, в отдельных случаях до 50 см. Данный вид образует до половины всего органического вещества ценоза (табл. 1). В древесном ярусе продолжает доминировать береза

Таблица 1

Вид фитоценоза	Возраст, лет	Запас надземной фитомассы, т/га				
		Древесные растения	Травы	Кустарнички	Мхи	Всего
Вырубка	1	0,01	1,33/1,20	0,04	0,14	1,52
	4	1,43	2,40/1,96	0,03	0,16	4,02
Молодняк	16	6,89	1,05/0,54	0,35	1,07	9,36
	26	36,97	0,66/0,16	0,82	1,80	40,25
Культуры	15	9,93	2,80/0,93	0,01	0,01	12,75

Примечание. В знаменателе – масса луговика извилистого.

Таблица 2

Состав массы	Год наблюдений	Запас надземной фитомассы подроста, т/га					
		Сосна	Ель	Лиственница	Береза	Осина	Всего
Хвоя,	1985	0,20	0,02	0,08	1,30	0,30	1,90
листья	1994	2,13	0,05	0,02	5,43	0,10	7,73
Стебель	1985	0,60	0,04	0,21	2,62	0,61	4,07
Ствол	1994	9,30	0,08	0,07	8,50	0,10	18,05
Ветви	1994	3,07	0,07	-	7,90	0,15	11,19
Итого	1985	0,80	0,06	0,29	3,92	0,91	5,98
	1994	14,50	0,20	0,09	21,83	0,35	36,97

порослевого происхождения, запасы которой увеличиваются и составляют 30 % надземной фитомассы. Возобновление хвойных пород не отмечено.

Повторный перечет подроста в 1985 г. показал, что на данной луговиковой вырубке формируется сосново-лиственный молодняк, в котором основной породой и на 16-й год после рубки остается береза пушистая (2660 шт./га при высоте 1,2 м). Она является главным продуцентом древесного яруса и образует 2/3 его надземной фитомассы (табл. 2).

Подрост сосны в данных условиях незначителен (740 шт./га при высоте 0,6 м). Хвойные отличаются хорошим состоянием, развитой хвоей, которая составляет до 25 % надземной массы растения. В сосново-лиственном молодняке древесные растения накапливают до 7 т/га фитомассы, т. е. около 70 % массы сообщества. Таким образом, если на луговиковой вырубке основу надземной фитомассы образуют травы, то по мере лесовозобновления все большую роль в биологической продуктивности растительного сообщества начинают играть древесные растения. По сравнению с вырубкой в молодняке появляются и хвойные, хотя через 16 лет после рубки древостоя они не играют существенной роли в общей продуктивности ценоза.

В формирующемся молодняке постепенно изменяется состав напочвенного покрова и восстанавливается исходная лесная растительность. В травяно-кустарничковом ярусе видовая насыщенность вновь снижается до 11. Проективное покрытие луговика уменьшается до 30 %, при этом диаметр куртин лерхенфельдии сокращается до 6,7±0,54 см. Падает интенсивность семенного размножения злака, цветоносов в куртине в среднем насчитывается только 11±0,91. Луговик теряет господствующую роль в сообществе, запасы его фитомассы уменьшаются до 0,54 т/га. В продуктивности напочвенного покрова большее значение начинают играть кустарнички (табл. 1), среди которых брусника образует до 70 % запасов, а черника накапливает 0,08 т/га растительной фитомассы. Ягодные кустарнички приурочены к местообитаниям подроста, на незатененных открытых участках развивается вереск. В сосново-лиственном молодняке по сравнению с 4-летней вырубкой изменяется и моховой ярус: на 76 % возрастает масса мхов *Polytrichum juniperinum* Hedw., а в зоне древесных растений развивается и спороносит *Pleurozium Schreberi* Mitt., фитомасса которого в 1990 г. была 0,34 т/га.

Соотношение массы растений напочвенного покрова и древесной растительности составило 1:3, т. е. в данном лесном сообществе прирост массы растений древесного яруса начинает доминировать в его продуктивности. За 10 лет, начиная с 1985 г., породный состав молодняка, развившегося на данной луговиковой вырубке, изменился от 1С7Б2Ос+Е, Лц до 4С5Б1Е+Ос, Лц. За этот период роста сосна практически не изменяется в количественном отношении (698 шт./га), растения ее отличаются хорошим верхушечным приростом и имеют среднюю высоту 2,5 м. Численность березы по сравнению с 1985 г. снизилась в 1,4 раза, что произошло в основном за счет гибели части порослевых побегов и мелкого самосева. Средняя высота березы 2,8 м. Под пологом березы появляется самосев ели, количество растений ели высотой до 0,5 м составило 2100 шт./га. Значительно уменьшилось число особей лиственницы, они сохранились лишь на открытых участках. У осины происходит процесс изреживания групп корнеотпрысковых побегов, число особей данной породы уменьшилось.

Продуктивность надземной массы молодняка в 1994 г. составила 37 т/га (табл. 1), т. е. за 10 лет она увеличилась в 6 раз. Продолжается господство березы, которая накапливает 60 % массы подроста (табл. 2). Соотношение ее стеблей и листьев изменяется незначительно (табл. 2), но в целом прослеживается тенденция снижения массы листьев и увеличение доли ствола. У подроста это соотношение за 10 лет развития меняется также в сторону возрастания доли стебля, что особенно заметно у сосны. Если в 16-летнем молодняке ее хвоя составляла 25, а ствол – 37 % надземной фитомассы, то в 1994 г. соответственно 15 и 67 % (табл. 2). С возрастом соотношение хвойных и лиственных пород подроста изменилось с 1:4 до 1:1,5, что связано с активным ростом сосны, масса которой увеличилась в 18 раз.

Таким образом, с ростом молодняка на данной луговиковой вырубке увеличивается продуктивность древесных пород, прежде всего фитомасса сосны (табл. 2). Наблюдаются и структурные изменения фитомассы подроста, что выражается как в увеличении доли хвойных, так и в изменении соотношения массы хвои и ствола. Эти преобразования свидетельствуют о постепенном формировании на вырубке исходного древостоя. В частности, в 1994 г. древесный ярус образовал 92 % всей надземной массы молодняка. Соотношение растений изменилось в сторону уменьшения запасов нижних ярусов сообщества в продуктивности ценоза и составило 1:9.

Напочвенный покров в 26-летнем молодняке также претерпел глубокие изменения как в видовом отношении, так и в накоплении органического вещества. Общее покрытие растениями нижних ярусов, прежде всего травяно-кустарничкового, составило 100 %. Снижается покрытие трав и вереска и увеличивается количество ягодных кустарничков, главным образом черники. Бывший доминант луговиковой вырубки – лерхенфельдия имеет покрытие только 10 %. Этот злак в молодняке образует в основном один ярус – вегетативных побегов под пологом развившегося подроста, где размножается только вегетативно, формируя корневища. На открытых же местообитаниях куртины его невелики и имеют 1-2 цветоноса. Черника – до-

минант кустарничков – образует 0,33 т/га фитомассы, обильно цветет, имеет 43±3,8 цветоносов на побеге. Продуктивность растений травяно-кустарничкового яруса за 10 лет развития практически не изменилась, но если в 16-летнем молодняке преобладают травы и доля луговика значительна, то в 1994 г. продуктивность кустарничков превосходит массу трав, а луговик практически не играет роли в накоплении фитомассы яруса (табл. 1). В мохово-лишайниковом ярусе 26-летнего молодняка также наблюдаются изменения в продуцировании видов. За 10 лет развития увеличилось покрытие и масса *Pleurozium Schreberi* Mitt., который составил 78 % массы яруса, и снизилось до 0,2 покрытие *Polytrichum juniperinum* Hedw., сохранившегося только на открытых местообитаниях. Среди куртин политрихума появляются отдельные растения лишайников родов *Cladonia, Peltigera*. Общее покрытие мохово-лишайникового яруса составило 0,7, масса его увеличилась в 1,4 раза. Таким образом, изменения в составе и продуктивности растений напочвенного покрова также показывают, что развитие данного участка луговиковой вырубки идет по пути восстановления лесной растительности.

В созданных 15-летних культурах сосны общие запасы надземной фитомассы составили 13 т/га (см. табл. 1). Отношение растений древесного яруса напочвенного покрова было 3,5:1. Подрост в культурах сосны представлен сосной, продуцирующей до 80 % массы ценоза. В молодняке, развивающемся на луговиковой вырубке естественным путем, доля хвойных пород значительно ниже: в 16-летнем сообществе – 16,7, в 26-летнем – 40,0 %. Соотношение доли хвои и ствола в фитомассе сосны в культурах составило 1:3, подобные изменения в молодняке при естественном развитии наблюдаются после 20 лет роста. И наконец, высота сосны в культурах уже в возрасте 15 лет достигает 2,8 м, в то время как в 26-летнем молодняке только 2,5 м. Луговик извилистый в культурах сосны сохраняется в междурядьях, поэтому существенного отрицательного влияния на рост подроста не оказывает. Таким образом, восстановление хвойных как более ценных пород в молодняке естественного заращивания задерживается по сравнению с создаваемыми культурами.

Наблюдения, проводимые в течение длительного времени, показывают, что при естественном лесовозобновлении луговиковая вырубка на протяжении десятков лет представляет собой фитоценоз с низкой биологической и хозяйственной продуктивностью. Поэтому для создания высокопродуктивных сообществ на этих вырубках рекомендуется создавать культуры в первый же год после рубки древостоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Астрологова Л.Е. Луговиковые вырубки, их продуктивность и динамика // Динамическая типология леса. - М., 1989. - С. 108 - 116. [2]. Астрологова Л.Е. Изменение запасов фитомассы в процессе лесовозобновления на луговиковой вырубке // Проблемы экологии на Европейском Севере. - Архангельск, 1992. - С. 6 - 10. [3]. Мелехов И.С. К типологии концентрированных вырубок в связи с изменением в напочвенном покрове // Концентрированные рубки в лесах

Севера. - М., 1954. - С. 126 - 148. [4]. Мелехов И.С., Голдобина П.В. О природе луговиковых вырубок и их облесении // Концентрированные рубки в лесах Севера. - М., 1954. - С. 66 - 81. [5]. Поздняков Л.К., Протопопов В.В., Горбатенко В.М. Биологическая продуктивность лесов средней Сибири и Якутии. - Красноярск, 1969. - С. 5 - 115.

Поступила 10 октября 1995 г.

УДК 630*187

Е.П. СМОЛОНОГОВ

Институт леса УрО НЦ РАН

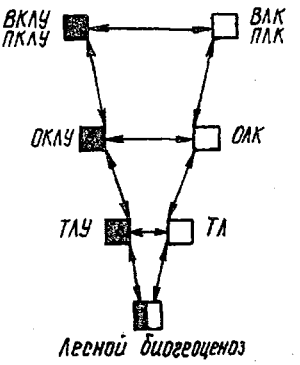
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ЛЕСНОЙ ТИПОЛОГИИ

На основе принципов генетической типологии представлена в обобщенном виде иерархическая система согласованных рядов таксонов лесорастительных условий и соответствующих им единиц лесного покрова. Последний в пределах провинции образует: лесной биогеоценоз, тип леса, орографический и высотный (подзональный) лесные комплексы. Типология леса может эффективно работать в сочетании с районированием лесорастительных условий.

Based on the principles of genetic typology the hierarchic system is presented in a generalized view for coordinated rows of taxa of forest-growing conditions and forest cover units corresponding to them. The forest floor creates within the province the following: forest biogeocenosis, orographic and sub-zonal forest complexes. Forest typology can work efficiently in combination with zoning of forest-growing conditions.

На современном уровне развития лесной типологии как важнейшего раздела лесоведения наиболее приемлемы принципы генетического подхода. Схематично они были сформулированы почти одновременно с учением о типах насаждений Г.Ф. Морозова (1904), в статье под авторским псевдонимом «Сомневающийся» (1905) [8, 11]. Позднее идея генетического подхода стала прослеживаться в публикациях Б.А. Ивашкевича [2, 3], но наиболее полно разработана Б.П. Колесниковым [4, 5]. Дальнейшие исследования на Урале [6, 9, 10 и др.] позволяют сформулировать некоторые общие положения, определяющие метод классификационных построений, наиболее полно отвечающих задаче познания пространственно-экологической дифференциации лесного покрова и его изменений во времени. Все это создает теоретическую основу для разработки комплекса лесоводственно-хозяйственных мероприятий, оптимизирующих использование, воспроизводство и формирование необходимой структуры лесов будущего.

1. Типологическая классификация должна отражать два ряда: пространственно-экологическую дифференциацию лесорастительных условий и аналогичную дифференциацию лесного покрова, произрастающего в тех же лесорастительных условиях. Таксономические единицы обоих рядов экологически и пространственно взаимосвязаны и образуют элементарные и все последующие интегральные единицы (см. схему).



2. Для всех таксономических единиц должны быть известны географическая (региональная), высотно-орографическая привязка (координаты пространства), границы и занимаемая площадь. Это непременное условие для разностороннего изучения и практического использования любых рангов классификации.

3. Эколого-географической основой для разработки классификационных типологических схем, их структуры и таксономических уровней является лесорастительное районирование, а лесорастительный регион (округ, провинция, подзона) может быть наиболее крупным таксоном ординационного ряда лесорастительных условий и лесного покрова. Лесорастительное районирование следует рассматривать как специализированный вариант физико-географического, отражающий планетарную или региональную дифференциацию естественно-исторических факторов, определяющих специфику лесообразования, распространения и размещения лесов в пространстве. Оно должно давать представление о геоморфологическом расчленении территории, характере и высотных отметках структур рельефа, роли этих структур в перераспределении термоэнергетических и водных ресурсов, а также других факторов, определяющих различия в специфике лесорастительных условий, структуру и типологические особенности лесного покрова.

4. Элементарная единица классификации, дающая начало ее обоим рядам, – участок леса или по В.Н. Сукачеву [12] лесной биогеоценоз. Все его биологические и небиологические компоненты взаимосвязаны в общем лесообразовательном процессе (специализированный вариант биогеоценотического), который проявляется в форме восстановительно-возрастных морфофункциональных изменений биогеоценозов. В соответствии с этим каждый участок леса, любой биогеоценоз всегда находится на том или ином этапе, периоде, фазе морфофункциональных изменений или морфоценогенеза, а его биокомпоненты – на тех или иных стадиях возрастного развития или онтоценогенеза.

Каждый лесной биогеоценоз и все его компоненты можно описать, измерить, определить их энергетический баланс, выявить и оценить взаимосвязи, а также специфику морфоценогенеза, т. е. дать конкретную характеристику всем параметрам биогеоценоза. В отличие от этого всем интегральным единицам более высоких рангов, в том числе и типу леса,

можно дать только усредненную, модальную, типизированную характеристику параметров, их определяющих.

В структуре любого биогеоценоза выделяется комплекс экологических факторов, количественные параметры и режим воздействия которых определяют специфику экотопа, т. е. элементарной единицы лесорастительных условий. Наряду с этим выделяется также эдификаторный фитоценотический компонент. Для лесных биогеоценозов таким компонентом является высокоствольная древесная растительность, выносящая ассимилирующие органы выше всех других автотрофов, создающая сомкнутый полог из крон деревьев и своеобразную лесную среду. Лесной фитоценоз (лесная ассоциация, насаждение) является элементарной единицей ординационного ряда лесного покрова.

5. Основная классификационная единица лесорастительных условий – тип лесорастительных условий (ТЛУ). Эта единица интегральная, она объединяет участки экотопов, расположенные на близких по форме и генезису геоморфологических структурах и элементах рельефа со сходными физико-химическими свойствами почвообразующего материала и почв, а также их водного режима, имеющие более или менее одинаковую продуктивность. В целях сравнения характер лесорастительных условий может отражаться индексами трофности и влажности Алексеева – Погребняка – Воробьева [1].

Соответствующая единица классификационного ряда лесного покрова – тип леса (ТЛ). Эта единица также интегральная, она объединяет участки леса (лесные ассоциации, лесные фитоценозы, лесные насаждения), произрастающие в тех же ТЛУ, сходные по характеру морфоценогенеза и образующие сравнительно однородные естественные восстановительно-возрастные ряды насаждений. В тип леса объединяются и коренные насаждения, и производные, если в процессе восстановительно-возрастной динамики они преобразуются в коренные. В тех случаях, когда нет потенциальных возможностей такого преобразования (длительно-производные насаждения), формируются новые типы леса в тех же ТЛУ. Если специфике ТЛУ экологически соответствует один лесообразователь, то формируется один тип леса, в противном случае – несколько.

Характеристика типа леса должна содержать сведения о динамике состава древостоев и других размерных параметрах. Особенно важны сведения о начальных фазах восстановительно-возрастной динамики, начиная с типов вырубок и гарей по И.С. Мелехову [7], поскольку в этот период времени определяются будущие типы формирующихся лесных сообществ. Такая характеристика может быть получена при статистической обработке на ЭВМ материалов таксации лесного фонда, сгруппированных по индексам типов лесорастительных условий и классам возраста древостоев.

6. Следующая более крупная единица лесорастительных условий – орографический комплекс лесорастительных условий (ОКЛУ). Он объединяет все участки, расположенные в пределах крупных частей

орографических или геоморфологических структур, с учетом существенной роли структур в перераспределении термоэнергетических и водных ресурсов, почвенного покрова, показателей мезо- и макроклимата. Соответствующая единица лесного покрова – орографический лесной комплекс (ОЛК).

7. В уральских разработках наиболее крупные классификационные единицы лесорастительных условий – высотно-поясные для горных территорий и подзональные для равнин (ВКЛУ и ПКЛУ). В комплексы объединяется все разнообразие местоположений участков и лесорастительных условий высотного пояса в горах и лесорастительной подзоны на равнинах, при этом важную значимость имеют показатели макроклимата. Соответствующие единицы лесного покрова – высотно-поясные и подзональные лесные комплексы (ВЛК и ПЛК).

8. При классификации современных лесов, испытавших интенсивное влияние антропогенных факторов и пожаров, наибольшее значение имеет подробная оценка совокупности эколого-пространственных показателей при выделении ТЛУ. Показатели напочвенного покрова изменяются во времени и нестабильны, хотя индикаторная роль растений не отрицается.

Полная характеристика таксонов дается в классификационных таблицах [6, 9] и обозначается трехзначным цифровым индексом: первая цифра – высотный или подзональный комплекс, вторая – орографический комплекс, третья – тип лесорастительных условий. ТЛУ и более крупные единицы могут использоваться без указаний на лесной покров, при характеристике природных условий регионов, подборе лесокультурного фонда и в других целях. Единицы классификации лесного покрова приводятся только с индексом ТЛУ, т. е. с трехзначной цифрой, ориентирующей положение участка в пространстве и указывающей экологический адрес.

В генетической классификации растительность нижних ярусов имеет вспомогательное значение, но сохраняется традиционное бинарное название типа леса с добавлением элемента рельефа и трехзначного цифрового индекса ТЛУ. Это позволяет проводить раздельный типологический и математический анализ типов леса, имеющих аналоги в разных высотных поясах и подзонах.

9. В классификационных схемах генетического подхода использованы принципы высотно-поясных, зонально-подзональных, орографических, геоморфологических, экологических и фитоценотических аналогов, позволяющих решить одну из главных задач лесной типологии – познание специфики общего лесообразовательного процесса в разных экологических условиях, разнообразных морфофункциональных изменений лесных сообществ во времени и продукционного процесса. Классификация и изучение лесного покрова на ее основе создают предпосылки для разработки систем управления лесообразовательным процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Воробьев Д.В. Методика лесотипологических исследований.- Киев: УкрНИИЛХ, 1967. - 365 с. [2]. Ивашкевич Б.А. Типы лесов Приморья // Растительный мир. - Хабаровск; Владивосток: Дальгиз, 1927. - С. 52 - 78. [3]. Ивашкевич Б.А. Девственный лес: особенности его строения и развития // Лесн. хоз-во и лесн. пром-сть. - 1929. - № 10. - С. 34 - 44; № 11. - С. 40 - 47; № 12. - С. 41 - 46. [4]. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока. - М.; Л: Наука, 1956. - 264 с. [5]. Колесников Б.П. О генетической классификации типов леса и задачи лесной типологии в восточных районах СССР // Изв. СО АН СССР. - 1958. - № 2. - С. 109 - 122; № 4. - С. 113 - 124. [6]. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. - Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. - 176 с. [7]. Мелехов И.С. Динамическая типология леса // Лесн. хоз-во. - 1968. - № 3. - С. 15 - 20. [8]. Морозов Г.Ф. Избранные труды. Т. 2. - М.: Лесн. пром-сть, 1971. - 536 с. [9]. Смолоногов Е.П. Эколого-географическая дифференциация и динамика кедровых лесов Урала и Западно-Сибирской равнины. - Свердловск: УНЦ АН СССР, 1990. - 287 с. [10]. Смолоногов Е.П., Кирсанов В.А., Трусов П.Ф. Классификация лесорастительных условий и типа леса Лозьвинского Урала//Проблемы типологии и классификации лесов.- Свердловск: УНЦ АН СССР, 1972. - С. 78 - 102. [11]. Сомневающийся. К учению о типах насаждений // Лесопромышл. вестн. - 1905. - № 15. - С. 42 - 43. [12]. Сукачев В.Н. Основы теории лесной биогеоценологии // Основы лесной биогеоценологии.- М.: Наука, 1964. - С. 311 - 387.

Поступила 20 июня 1995 г.

УДК 630*241

Л.И. МАЙОРОВ

Татарская лесная опытная станция

Майоров Лев Ильич родился в 1919 г., окончил в 1958 г. Сибирский лесотехнический институт. Имеет более 110 печатных работ по вопросам механизации, автоматизации и технологии в лесном хозяйстве.

ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЕЛОВО-ЛИСТВЕННЫХ МОЛОДНЯКОВ КАК ФАКТОР МАШИНИЗАЦИИ ИХ ОСВЕТЛЕНИЯ

Изложены результаты определения площадей биогрупп и интервалов между ними в елово-лиственных естественных молодняках с использованием нового методического подхода, позволяющие машинизировать процесс осветления.

The results of determining areas of biogroups and intervals between them in coniferous-broadleaved natural young growths are presented based on the new methodical approach permitting to mechanize the process of cleaning.

В настоящее время все еще нет эффективных технологий и соответствующих средств механизации для проведения осветлений и прочисток в естественных смешанных молодняках [13, 15].

В ВНИИПОМлесхозе предложена технология куртинных рубок ухода [3], призванная выполнить осветления и прочистки уже в возрасте прореживания и даже проходных рубок. Базируется она на ручных инструментах.

Из обзоров существующих средств механизации известно, что ручная работа с применением мотоинструментов относится к рязряду тяжелых, управление лесоуборочной машиной – к градации легких [2, 11, 12]. Находящиеся в производстве кусторезы КОМ, КОГ-2,3 и катки-кустоломы предназначены только для рядовых культур [7].

Для работы в смешанных естественных молодняках с биогрупповой структурой в настоящее время существуют только топор и ранцевые кусторезы, но они оказывают негативное воздействие на организм рабочего. В целях машинизации рубок ухода в подобных молодняках была выдвинута рабочая гипотеза о целесообразности выбора в качестве объекта ухода не отдельных деревьев главной породы, а биогрупп – элементарных объемных единиц елово-лиственных сообществ, в которых параметры елей чаще всего меньше параметров деревьев лиственных пород, находящихся в качестве примеси в меньшем количестве.

Предложен способ лесоводственного ухода в подобных молодняках [1], разработана новая технология [9], по которой выполнены наши исследования.

Изучено пространственное размещение биогрупп елово-лиственных молодняков в черничниковом и липняковом типах леса, где главная порода остро нуждается в осветлении. Объекты были выбраны в Сюмсинском лесхозе Удмуртской республики в кварталах 52 (выделы 12, 15, 17), 90 (выдел 22) и 107 (выдел 10). Возраст молодняков 6...7 лет. Общая площадь выделов в квартале 52 равна 6,1 га, состав древостоя 5Е3Б2Ос, высота ели 2 м и более, полнота 0,6, рельеф холмистый. Площадь выдела 22 – 21 га, состав 3Б3Ос2Лп2Е, высота яруса 1 м, полнота 0,6. Площадь выдела 10 – 27 га. Тип леса черничниковый.

На выделах через 10...50 м (в зависимости от степени захламленности, наличия естественных ориентиров и проходимости) прокладывали маршрутные ходы. В зоне каждого из них в двух взаимно перпендикулярных направлениях измеряли длину и ширину биогрупп, расстояния между ними, высоту всех экземпляров лиственных пород, их количество. Площади биогрупп определяли как произведение их длины и ширины. В качестве дополнительных данных использовали материалы картирования постоянных

Таблица 1

Площадь биогруппы, м^2	Распределение площади биогруппы, %, по типам леса		Площадь биогруппы, м^2	Распределение площади биогруппы, %, по типам леса	
	Черничниковый	Липняковый		Черничниковый	Липняковый
< 16	42,1	39,0	126...150	1,5	0,5
16...30	18,8	28,5	151...175	0,8	0,5
31...45	12,4	11,0	176...200	1,1	1,0
46...60	6,0	8,0	201...250	1,1	1,0
61...75	3,0	5,0	251...300	1,1	-
76...90	2,3	1,0	301...350	1,5	1,0
91...105	2,3	0,5	> 350	4,1	1,0
106...125	1,9	2,0			

пробных площадей, заложенных автором в 5–8-летних молодняках в 1977 – 1979 гг., и пробных площадей в 10 – 15-летних молодняках в различных типах ельников ряда лесхозов и леспромхозов Удмуртской и Татарской республик, заложенных ранее сотрудниками ЛОС (К.В. Краснобаева, В.К. Веткасов, Ф.В. Аглиуллин и Л.Л. Шабуров).

Площади биогрупп на картограммах вычисляли при помощи планиметра. Условно были приняты их крайние значения: минимальные 15, максимальные 350 м^2 (площадь теоретической биогруппы идеальной круглой формы). Всего измерено 266 биогрупп в ельнике черничниковом и 204 в липняковом. Значения площадей и их процентное соотношение в зависимости от типа леса даны в табл. 1.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в среднем 80 % биогрупп имеют площадь не более 75 м^2. У них, как правило, извилистая конфигурация, часто ленточная, с узкими перемычками, что позволяет спиливать (срезать) лиственные молодняки и при более значительной площади новым рабочим органом машины, рассчитанным на возможность обрезки вершины дерева, растущего в центре теоретической биогруппы.

Статистические показатели, характеризующие площади биогрупп в ельнике черничниковом, следующие: средняя величина и ее ошибка $M \pm m = 54{,}14 \pm 4{,}98$ м^2, среднее квадратичное отклонение $\sigma = \pm 65{,}71$ м^2, коэффициент вариации $V = 121{,}4$ %, точность опыта $p = 9{,}2$ %. Максимальная площадь составила 377, минимальная – 1,5 м^2. Поскольку значение M близко к σ, то полученный ряд был выравнен по показательному типу распределения [4]. Сравнение фактических частот с теоретическими по критерию Колмогорова показало их удовлетворительное совпадение $K(\lambda) = 1{,}52$ ($P_2 = 0{,}99$).

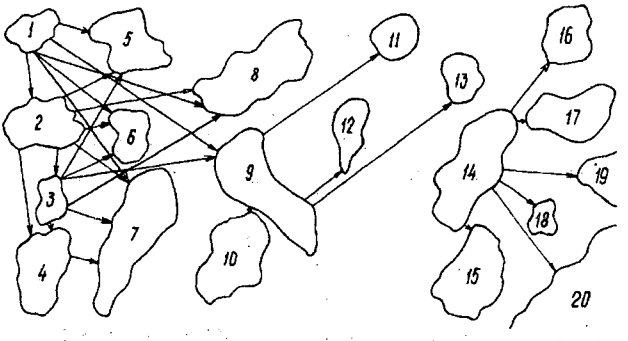
Статистические показатели площади биогрупп в ельнике липняковом следующие: $M \pm m = 29 \pm 2{,}88$ м^2; $\sigma = \pm 19{,}8$ м^2, $V = 68{,}2$ %, $p = 10{,}3$ %. Максимальная площадь – 80, минимальная – 4 м^2. Поскольку объемы выборок достаточно велики, то сравнение средних значений площадей биогрупп в изученных двух типах леса выполнено путем деления квадрата их разности на сумму квадратов ошибок. При этом полученное частное оказалось

более 9, что подтвердило достоверность различия между величинами средних значений площадей биогрупп в зависимости от типа леса.

В итоге маршрутного обследования установлена густота молодняков ели и лиственных пород в биогруппах в зависимости от типа леса. Так, в липняковом типе густота первых равна 4,3, вторых – 1,6 шт./м^2, в черничниковом соответственно 2,1 и 1,5 шт./м^2.

Суммарная же площадь, занимаемая биогруппами на 1 га в ельнике липняковом, составила 29, в черничниковом 48 % при средней густоте на 1 га в первом типе леса – 43, во втором – 62 биогруппы.

При определении интервалов на картограммах применен метод прямолинейных минимальных граф [14], заключающийся в последовательном соединении крайних противоположных точек контуров биогрупп наименьшими отрезками прямых, которые не должны перекрывать контуры соседних биогрупп. Предварительно биогруппы на картограммах нумеруют. Минимальные графы измеряют по мере возрастания их номеров, например между первой и второй (1→2), первой и третьей (1→3), первой и четвертой (1→4). Поскольку в последних двух случаях интервалы оказались закрытыми биогруппой 2 (см. рисунок), то измерения ведут далее между (1→5)...(1→8), а закрытые интервалы не включают в числовой ряд. Затем переходят к измерению граф другого ряда интервалов: (2→3), (2→4)...(2→9); далее (3→4)...(3→9). Полученные совокупные значения 723 измеренных интервалов условно разделяли на три вида: ИПР – интервалы полного разворота трактора на месте, ИСП – интервалы свободного прохода трактора, без касания стволов периферийных деревьев биогрупп, ИУП – интервалы условной проходимости (возможно соприкосновение элементов трактора со стволами при невнимательном направлении машины). В качестве энергетической базы новой машины был принят трактор ТДТ-55А (его габариты 2360 × 6540 мм, занимаемая площадь 15 м^2).



Процентное распределение видов интервалов в зависимости от типа леса приведено в табл. 2.

Таблица 2

Тип ельника	Распределение видов интервалов, %		
	ИПР	ИСП	ИУП
Черничниковый	25,6	32,1	42,3
Липняковый	26,7	25,0	48,3

Из полученных данных следует, что более половины интервалов проходимы для гусеничного трактора, а поскольку контуры биогрупп приняты по проекциям кромок крон, то фактические расстояния между крайними противоположными стволами двух биогрупп будут больше на два размера крон. В итоге снижается вероятность повреждения стволов при движении трактора в интервалах условной проходимости.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Установленные параметры биогрупп, а также отдельных экземпляров ели и лиственных пород показывают преимущество первых в качестве объектов уходов, ибо в них густота елей больше густоты лиственных пород и одновременно увеличивается участие главной породы за счет сплошной срезки лиственных молодняков в интервалах.

2. Интервалы между биогруппами, на которых находятся мелколиственные породы, могут быть использованы для прохода новой машины, причем последняя, благодаря телескопическому манипулятору с 10-метровым вылетом срезающего инструмента, может свести к минимуму движения в интервалах условной проходимости [10].

Результаты выполнения уходов по новому способу [5] позволили внести в процесс осветления эколого-защитную операцию, позволяющую создать условия для нормальной перестройки ассимиляционного аппарата хвои у периферийных деревьев биогрупп в связи с резким изменением светового режима и одновременно снизить негативное воздействие вибрации от ходовой части трактора на корневые системы деревьев [8]. Это в совокупности отвечает лесоводственным требованиям, предъявляемым к технологическим процессам рубок ухода [6] с применением новой техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 940700 СССР, МКИ^3 А 01 G 23/00. Удмуртский способ осветления в смешанных молодняках естественного происхождения / Л.И. Майоров (СССР). - № 2734761/29-15; Заявлено 05.03.79; Опубл. 07.07.82, Бюл. № 25 // Открытия. Изобретения. Промобразцы. Товарные знаки. - 1982. - № 25. - С. 9. [2]. Гаас А.А. Механизация рубок в СССР и за рубежом: Обзор.- М.: ЦБНТИлесхоз, 1978.- 47 с. [3]. Гаас А.А., Витальев А.П., Горбунов П.А. Куртинные рубки ухода // Лесн. хоз-во. - 1977. - № 2. - С. 37 - 40. [4]. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. - М.: Наука, 1984. [5]. Кузнецов Н.А., Майоров Л.И. Формирование елово-лиственных молодняков рубками ухода по новому способу // Совершенствование рубок и лесоводственных мероприятий: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИЛМ, 1988. - С. 51 - 56. [6]. Лесоводственные требования к технологическим процессам рубок ухода // Федеральн. служба лесного хозяйства России. - 1993. - С. 3, 8, 9, 11-12, 25. [7]. Майоров Л.И. Комплект устройств для срезания маломерной древесной растительности // Лесные культуры в Среднем Поволжье. - М., 1991. - С. 67 - 72. - Деп. в ВНИИЦлесресурс, № 851. - Лх-91. [8]. Майоров Л.И. Машинная технология осветления, включающая в себя эколого-защитную операцию процесса // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов. Ч.3: Тез. докл. II Всесоюз. конф. - М.: МЛТИ, 1991. -

С. 129 - 130. [9]. Майоров Л.И. Новая технология осветления в естественных елово-лиственных молодняках с биогрупповой структурой // Лесхоз. информ. - 1994. - № 2. - С. 38 - 40. [10]. Майоров Л.И., Раманаускас Р.П. Новая машина для осветления биогрупп в естественных смешанных молодняках // Информ. листок. - Казань: ЦНТИ, 1993. - № 306. [11]. Мореев В.П. Механизация расчистки площадей от древесной и кустарниковой растительности. - М.: ЦНИИиТЭИ, 1966. - 28 с. [12]. Петричек В. Возможности механизации работ на предпромышленных рубках ухода и использование получаемой от них биомассы // Проблемы рубок ухода: Матер. конф. ИЮФРО. - М.: Лесн. пром-сть, 1987. - С. 198 - 204. [13]. Раманаускас Р.П. Новые машины для рубок ухода за лесом // Лесн. хоз-во. - 1984. - С. 36 - 39. [14]. Теория графов // БСЭ. - 3-е изд. - Т.7. - С. 265, колонки 782 - 784. [15]. Ханбеков И.И., Гигаури Г.Н. Технология и техника рубок ухода за лесом в горных лесах // Проблемы рубок ухода: Матер. конф. ИЮФРО. - М.: Лесн. пром-сть, 1987. - С. 285 - 286.

Поступила 11 мая 1995 г.

УДК 630*187:581.524

И.И. РОЛДУГИН

Институт ботаники и фитоинтродукции НАН РК, г. Алма-Ата

Ролдугин Иван Иванович родился в 1926 г., окончил в 1956 г. Казахский сельскохозяйственный институт, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института ботаники и фитоинтродукции НАН РК. Имеет более 100 печатных работ в области флористики, лесоведения, геоботаники, ботанической географии.

БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛОВЫХ И ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ ТЯНЬ-ШАНЯ В ЦЕЛЯХ ИХ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ

Рассмотрены региональные особенности темнохвойных лесов Тянь-Шаня и их динамика.

The regional peculiarities of dark-coniferous forests of Tyan-Shan and their dynamics are analyzed.

В ботанико-географическом, а также лесорастительном отношении еловые и пихтово-еловые леса Тянь-Шаня (включая Алтай) территориально мы рассматриваем в составе Джунгаро-Тяньшанской области с подобластями Джунгаро-Северо-Центральнотяньшанской и Западнотяньшанской.

Для первой подобласти характерны популяции ели Шренка (*Picea Schrenkiana*), местами с примесью пихты сибирской (*Abies sibirica*), для второй – ели Шренка (подвида тяньшанского) (*P. Schrenkiana* ssp. *tianschanica*) с примесью пихты Семенова (*A. Semenovii*). Выделенные подобласти имеют свои исторические, геоморфологические, ботанико-географические, лесорастительные особенности. Отличия наблюдаются и в более мелких таксономических подразделениях (провинции, подпровинции, районы).

Субординацию лесной растительности мы представляем в следующим виде.

Тип. Лесная растительность (леса)
Класс формаций. Хвойные (игловидные) леса
Лиственные леса
Группа формаций. Темнохвойные леса
Светлохвойные леса
Мелколиственные леса
Широколиственные леса
Подгруппа формаций*. Горные темнохвойные леса
Горные светлохвойные леса
Горные мелколиственные леса
Горные широколиственные леса
Формация. Ель Шренка.

В пределах довольно значительного ареала (39 ... 47 ° с. ш. и 71 ...86 ° в. д.) еловые леса различаются по фитоценотическим и лесоводственным показателям. Наилучшие условия складываются в передовых хребтах Северного Тянь-Шаня, особенно в его центральной части, где производительность древостоев довольно часто достигает I–II классов бонитета. Менее благоприятные условия наблюдаются в Джунгарском Алатау (преимущественно IV–V классы бонитета), а также в Западном Тянь-Шане. В центральных и внутренних хребтах Тянь-Шаня ельники занимают узкую полосу (до 200 ... 300 м), имея в основном очень низкий бонитет (Va, Vб). У верхней границы распространения встречаются деревья старше 600 лет. В отдельных местах в этих жестких условиях ель произрастает в стланиковой форме.

В связи с этими особенностями еловые леса следует рассматривать регионально по географическим группам.

1. Джунгарские пихтово-еловые и еловые леса из ели Шренка, пихты сибирской с примесью березы бородавчатой (*Betula pendula*), местами яблони Сиверса (*Malus Sieversii*) и осины (*Populus tremula*) входят в Джунгарскую провинцию. При этом выделяются географические фации:

1) приалакульская из ели, местами с березой бородавчатой;
2) центральноджунгарская из ели и пихты, березы бородавчатой, местами с яблоней Сиверса;
3) южноджунгарская из ели.

* Подобное подразделение относится и к равнинным лесам.

2. Северотяньшанские еловые леса из ели Шренка, березы тяньшанской (*Betula tianschanica*), яблони Сиверса, осины входят в Северотяньшанскую провинцию.

Выделяются географические фации:

1) кетменьская (в западной части с осиной);
2) терскейская, местами с березой Ярмоленко(*Betula Jarmolenkoana*);
3) кунгейская, местами с тополем таласским (*Populus talassica*);
4) заилийская с яблоней Сиверса, осиной, березой, местами с абрикосом (*Armeniaca vulgaris*);
5) восточнокиргизская, местами с арчой полушаровидной (*Juniperus semiglobosa*).

3. Центральнотяньшанские еловые леса (ель Шренка) занимают центральные и внутренние регионы Тянь-Шаня и входят в Центральнотяньшанскую провинцию. Выделяются географические фации:

1) принарынская;
2) сарыджасская.

4. Западнотяньшанские пихтово-еловые леса из ели Шренка (подвид) и пихты Семенова входят в Западнотяньшанскую провинцию.

Выделяются географические фации:

1) таласская с елью и пихтой;
2) чаткальская с елью, пихтой, орехом грецким (*Juglans regia*), кленом туркестанским (*Acer turkestanicum*);
3) ферганская с елью, местами с пихтой, орехом грецким.

Особняком и фрагментарно стоят здесь приалайские низкопроизводительные леса (обычно редколесья) местами с березой алайской (*Betula alaica*). Возможно, следовало бы их выделить в самостоятельную Приалайскую провинцию или отнести к Кашгарской группе.

В связи с природно-климатическими особенностями и значительной протяженностью пояса темнохвойных (еловых) лесов (в Заилийском Алатау почти 1,4 км) появилась необходимость разделить его на три (нижняя, средняя и верхняя) высотно-биоклиматические полосы (ВБП). Каждая из них представляет особый растительный комплекс, который следует рассматривать в качестве субформации: I нижняя ВБП – неморальные и субнеморальные преимущественно остаточные плиоценнижнеплейстоценовые еловые леса; II средняя – бореальные среднеплейстоценовые леса; III верхняя – субальпийские и суббореальные позднеплейстоценовые леса и редколесья. Во внутренних хребтах Тянь-Шаня нижняя полоса пояса выпадает. Выделение субформаций на основе генезиза растительности с учетом орогенеза позволяет использовать их и в кадастровой оценке. В кадастр включаются как коренные, так и отдельно антропогенно-производные лесные биогеоценозы, сформировавшиеся в результате дигрессии как со сменой, так и без смены пород. «Центральных» или «ядерных» типов леса или лесных биогеоценозов в регионе может быть несколько в зависимости от высотно-климатического положения. Для каждой ВБП пояса (субформации) характерны свои «центральные» типы леса. Так, для нижней ВБП Заилийского

Алатау и слабо инсолируемых склонов характерен яблоневый ельник, который при дигрессии переходит в различные крупнотравные (*Aconitum leucostomum, Conioselinum vaginatum* и др.) и кустарниковые (*Rosa Albertii, Spiraea lasiocarpa, Lonicera Altmannii* и др.) вторичные сообщества, чистые или с елью Шренка (местами формируются осинники).

В средней ВБП на слабо инсолируемых склонах «центральными» типами следует считать моховые группы биоценозов, которые по мере изреживания проходят ряд стадий сначала к различным тенетравным, а затем и к луговым, кустарниковым еловым сообществам. В умеренно инсолируемых местообитаниях моховые группы утрачивают свои фитоценотические признаки, уступая место обычно травяным группам ельников.

Отмечаются различные варианты моховых ельников. Среди них наиболее распространенный снытьево-моховой ельник. В других содоминантами выступают: герань прямая (*Geranium rectum*), астрагал лепсинский (*Astragalus lepsensis*), цицербита лазоревая (*Cicerbita azurea*), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*), костяника (*Rubus saxatilis*), тмин темнокрасный (*Carum atrosanguineum*) и др.

В верхней ВБП на слабо и умеренно инсолируемых местообитаниях «центральными» лесными биогеоценозами выступают арчовые низкотравные ельники, представляющие собой комплекс леса и луга. В процессе дигрессии или эволюции они способны переходить в гераниево-манжетковые или разнонизкотравные ельники или аналогичные луга (*Geranium saxatile, Alchemilla sibirica, Polygonum viviparum, Phlomis oreophila, Allium atrosanguineum, Festuca rubra, Luzula pallescens* и др.).

Эти динамические процессы для прогноза необходимо отмечать при кадастровой оценке типов леса и особенно важны для разработки мероприятий рационального природопользования и охраны редких и исчезающих экосистем.

Поступила 4 сентября 1995 г.

УДК 631.362.3.004.68

А.И. ЗЕМЛЯНУХИН

Воронежская государственная лесотехническая академия

Землянухин Андрей Иванович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры деталей машин и инженерной графики Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 140 печатных работ в области охраны труда в лесной отрасли.

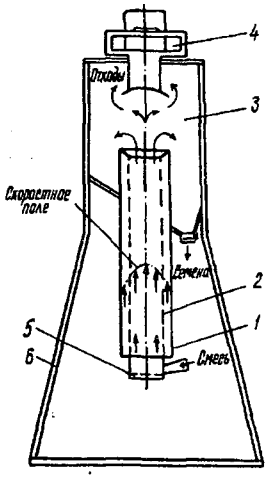
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПНЕВМОКЛАССИФИКАТОР ПОРЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ

Дано описание конструкции пневмоклассификатора, обеспечивающего разделение семенной смеси по аэродинамическим свойствам, методика определения аэродинамических свойств семян различных пород и выбора оптимального технологического режима сепарирования семян.

The description of the pneumoclassifier design is given providing the division of seed mixture according to aerodynamic characteristics. The technique of determining the aerodynamic characteristics of seeds of different species and choosing the optimum technological mode of seed separation is presented.

В лесовосстановительных работах одно из главных мест отводится обеспечению питомников высококачественными семенами, что возможно при условии их очистки и сортирования. Эти операции выполняют на семяочистительных машинах, состоящих из сепарирующих (разделяющих) рабочих органов, принцип работы которых основан на различии некоторых физико-механических свойств части семенной смеси. Это крупность (размеры), состояние поверхности, форма, плотность, упругость, цвет, аэродинамические, электрофизические свойства и др. [1–3].

Для очистки и сортирования лесных семян широко используют машины с воздушноочистительными системами, в которых семена обрабатывают в соответствии с их аэродинамическими свойствами. В зависимости от породы семян и объема работ применяют машины с вертикальным или наклонным воздушным потоком; с всасываемым и нагнетаемым воздушным потоком; с одним и двумя пневмоканалами.



Во всех случаях качество сепарации семенного материала зависит от выбранного технологического режима, т. е. скорости воздушного потока в сепарирующем канале.

Выбрать оптимальный режим сепарирования семян различных пород и определить их аэродинамические свойства можно с помощью разработанного нами пневмоклассификатора порционного действия, схема которого дана на рисунке.

Пневмоклассификатор состоит из пневмоканала *1*, внутри которого с помощью обегайки *5* установлен отсекатель *2* равномерной части пневмопотока, и осадочной камеры *3* с центробежным вентилятором *4*, смонтированных на раме *6*.

Семенная смесь с помощью питателя подается в нижнюю часть пневмоканала, откуда всасываемым воздушным потоком, создаваемым вентилятором, перемещается вверх и попадает в осадочную камеру. При этом легкие примеси и некондиционные семена уносятся пневмопотоком в канал вентиляционной системы, а кондиционные опускаются в нижнюю часть осадочной камеры.

Эффективность сепарации (ε) при различных скоростях воздушного потока определяется отношением количества выделенных из семенной смеси примесей ко всему количеству легких примесей в исходном материале при допустимом выносе кондиционных семян в отходы:

$$\varepsilon = \frac{bB}{aA},$$

где A, B – масса соответственно исходного материала и отходов, кг;

a, b – относительное содержание легких примесей в исходном материале и отходах.

Для определения аэродинамических свойств семян их навеску помещают на сетчатое дно пневмоканала и устанавливают такую первоначальную скорость воздушного потока, при которой лишь отдельные семена уносятся в осадочную камеру. Скорость витания таких семян меньше скорости воздушного потока. Затем скорость потока увеличивают через 0,5 м/с до тех пор, пока все семена не попадут в осадочную камеру. При каждом повышении скорости воздушного потока скорость витания семян находится в интервале скоростей смежных классов. Семена, попавшие в осадочную камеру при одинаковой скорости воздушного потока, составляют один класс. Скорость пневмопотока регулируют с помощью автотрансформатора.

Таким образом, с помощью порционного пнемоклассификатора можно определить аэродинамические свойства лесных семян практически всех пород и оптимальную скорость их очистки и сортирования. Его рекомендуется использовать также при подготовке семян к посеву в селекционной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1351700 СССР, МКИ[4] В 07 В 4/00. Пневмосепарирующее устройство для разделения сыпучих материалов / Б.М. Скрынников, А.И. Землянухин, Ю.А. Фрыкин, А.А. Харченко (СССР). - № 4080716 / 29-03; Заявлено 24.06.86; Опубл. 15.11.87, Бюл. № 42 // Открытия. Изобретения. - 1987. - № 42. - С. 36. [2]. Баранов А.И., Землянухин А.И. Повышение эффективности работы машины для механической обработки семян // Лесн. журн. - 1980. - № 3. - С. 24-26. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Землянухин А.И. Машины для механической обработки семян // Лесн. журн. - 1983. - № 1. - С. 124-126. - (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 5 июня 1995 г.

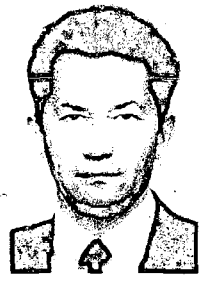
ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

УДК 630*174.752:581.522.4

Г.Т. КРИНИЦКИЙ, В.К. ЗАИКА

Украинский государственный лесотехнический университет

Криницкий Григорий Томкович родился в 1944 г., окончил в 1969 г. Львовский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, проректор по научной работе, заведующий кафедрой лесоводства Украинского государственного лесотехнического университета. Имеет более 90 научных трудов в области физиологии и селекции древесных растений, лесоводства.



Заика Владимир Константинович родился в 1961 г., окончил в 1987 г. Львовский лесотехнический институт, ассистент Украинского государственного лесотехнического университета. Имеет около 15 научных трудов в области физиологии и селекции древесных растений.

ОСОБЕННОСТИ БИОСИНТЕЗА МОНОТЕРПЕНОВ У ПОЛУСИБСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ НАСАЖДЕНИЙ

Показано, что биосинтез монотерпенов у сосны обыкновенной является строго генетически детерминированным признаком, влияние на него внешних фитоценотических факторов проявляется слабо.

It has been shown, that biosynthesis of monoterpenes of Scotch pine is a strictly genetically determined attribute, the influence of external phytocoenosis factors on it being weak.

В настоящее время количественный и качественный состав монотерпенов древесных растений, в частности сосны обыкновенной, изучен довольно детально. Установлены общие закономерности изменения количественного состава терпеновых углеводородов в географическом [2, 17] и возрастном [9, 12, 15, 18] аспектах, их зависимость от физиологического состояния растений и условий минерального питания [16, 18]. Исследована связь биосинтеза монотерпенов с физиолого-биохимическими процессами

[10] и выявлен характер наследования их потомством при разных способах размножения [4, 7, 8, 11 – 14]. Менее изученной остается физиологическая роль монотерпенов. Одни исследователи указывают на участие монотерпенов в процессах обмена веществ [3, 10] и световом питании растений [6], другие рассматривают монотерпены как фактор защиты деревьев от вредителей и грибных болезней [1].

Проведенные нами исследования направлены на изучение особенностей биосинтеза монотерпеновых углеводородов у молодых полусибсовых деревьев в начальный период формирования насаждений, когда резко возрастает фитоценотическая напряженность среды.

Объектами исследований являлись 8-летние деревья сосны обыкновенной двух полусибсовых потомств – быстрорастущего (+1) и среднего по энергии роста (2Н). Материнские деревья изучаемых потомств также относятся к разным селекционным категориям: (+1) – плюсовое дерево, (2Н) – нормальное.

Для проведения исследований в каждом потомстве было отобрано по 50 моделей разной интенсивности роста (табл. 1). Образцы хвои заготавливали в декабре с однолетних побегов верхней части кроны. Извлечение монотерпенов производили диэтиловым эфиром [5], а их содержание определяли на газовом хроматографе ЛХМ-8М.

Исследования показывают, что наиболее распространенными монотерпеновыми углеводородами у молодых деревьев сосны обыкновенной являются α-пинен, Δ^3-карен, камфен и β-пинен. Доля α-пинена в хвое деревьев разных категорий роста в среднем составляет 55 ... 64 %, β-пинена – 4 ... 6 %, Δ^3-карена и камфена – 10 ... 18 %, мирцена – около 3 %, доля других монотерпенов (лимонена, β-фелландрена, терпинолена) не превышает 2 % (табл. 2).

Таблица 1

Биометрические показатели модельных деревьев сосны обыкновенной в полусибсовых потомствах

Категория роста деревьев	Высота, см	Прирост, см	Диаметр корневой шейки, мм	Диаметр кроны, см
		Потомство (+1)		
Быстрорастущие	357...408	64...96	86...115	170...250
Среднерастущие	250...350	47...82	52...106	130...235
Медленнорастущие	193...241	40...56	33...70	95...135
Среднее значение показателя	290±4	60±2	76±1	197±3
		Потомство (2Н)		
Быстрорастущие	341...387	75...93	91...108	150...205
Среднерастущие	223...335	52...84	48...129	95...225
Медленнорастущие	135...211	25...62	27...87	70...135
Среднее значение показателя	256±4	50±3	73±3	174±3

Таблица 2

Доля монотерпенов (%) в хвое 8-летних деревьев полусибсовых потомств различных категорий роста

Монотерпены	Быстрорастущие	*V*, %	Среднерастущие	*V*, %	Медленнорастущие	*V*, %	В среднем по потомству	*V*, %
				Потомство (+1)				
α-Пинен	41,24…74,85 58,62±3,68	19,8	32,65…72,29 55,43±2,00	19,5	32,69…76,78 55,67±3,33	20,7	32,65…76,78 56,11±1,57	20,0
β-Пинен	2,92…7,53 6,03±0,49	19,8	2,63…7,98 4,62±0,28	33,1	2,67…5,99 4,11±0,32	27,3	2,63…7,98 4,78±0,22	33,2
Камфен	9,75…20,05 15,53±1,11	22,6	6,12…21,52 14,78±0,86	31,5	9,65…19,78 14,39±0,80	19,3	6,12…21,52 14,84±0,57	27,5
Мирцен	1,83…4,45 3,30±0,23	22,4	1,75…5,21 3,11±0,16	28,2	1,78…5,39 3,03±0,28	31,6	1,75…5,39 3,13±0,12	28,0
Δ^3-Карен	Сл….31,12 12,08±3,67	96,4	Сл….36,30 17,90±2,03	61,0	Сл….40,38 18,36±3,06	57,7	Сл….40,38 16,86±1,57	66,6
Лимонен	1,13…2,58 1,71±0,12	22,4	0,30…2,54 3,39±0,09	36,3	0,89…2,39 1,67±0,11	23,1	0,30…2,58 1,52±0,07	31,6
β-Фелландрен	0,56…2,58 1,36±0,17	40,2	0,30…2,95 1,30±0,13	53,3	0,89…2,34 1,34±0,13	33,4	0,30…2,95 1,32±0,09	46,6
Терпинолен	0,60…2,44 1,37±0,15	34,5	0,30…3,08 1,47±0,14	49,7	0,66…2,97 1,43±0,17	40,6	0,30…3,08 1,44±0,09	45,4

Продолжение табл. 2

Монотерпены	Быстрорастущие	*V*, %	Среднерастущие	*V*, %	Медленнорастущие	*V*, %	В среднем по потомству	*V*, %
				Потомство (2Н)				
α-Пинен	46,72…79,49 / 60,11±2,59	13,6	28,34…68,33 / 56,74±1,81	15,6	50,00…73,12 / 63,66±2,01	11,4	28,34…79,48 / 59,38±1,29	14,8
β-Пинен	2,56…6,54 / 4,20±0,47	35,6	2,91…7,69 / 4,95±0,31	38,4	1,98…6,53 / 4,58±0,36	28,7	1,98…7,69 / 4,69±0,22	31,6
Камфен	8,41…17,95 / 13,94±0,94	21,3	7,87…24,00 / 14,54±0,68	22,9	7,14…21,91 / 12,94±1,02	28,3	7,14…24,00 / 13,96±0,50	24,5
Мирцен	1,28…4,00 / 2,78±0,27	30,5	1,67…4,73 / 3,29±0,22	32,6	1,48…4,87 / 2,77±0,22	28,9	1,28…4,87 / 3,04±0,14	32,7
Δ^3-Карен	Сл….22,42 / 14,83±1,86	39,6	Сл….44,09 / 15,88±1,81	55,8	Сл….21,42 / 10,80±1,66	55,5	Сл….44,09 / 14,25±1,15	55,3
Лимонен	0,64…2,02 / 1,55±0,15	29,7	0,86…4,73 / 1,81±0,16	43,1	0,91…5,35 / 2,19±0,33	53,9	0,64…5,35 / 1,86±0,13	47,9
β-Фелландрен	0,57…2,63 / 1,28±0,19	47,5	0,43…3,16 / 1,51±0,16	50,9	0,69…3,57 / 1,47±0,25	61,3	0,43…3,57 / 1,45±0,11	54,0
Терпинолен	0,57…3,85 / 1,31±0,29	68,8	0,41…2,36 / 1,28±0,11	41,0	0,44…3,57 / 1,59±0,23	53,1	0,41…3,85 / 1,37±0,11	53,0

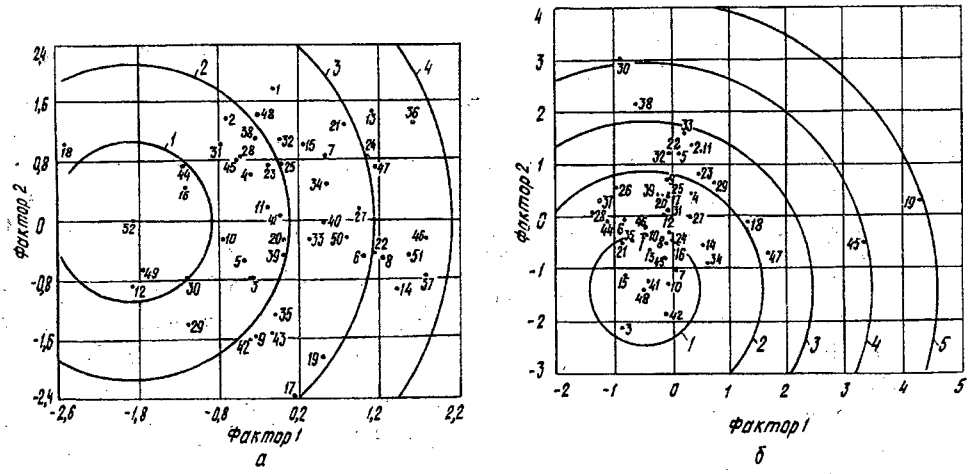
Примечание. 1. В числителе приведены пределы изменения содержания монотерпенов, в знаменателе – среднее значение с учетом ошибки определения. 2. Сл. – следовое количество монотерпенов; *V* – коэффициент вариации.

Особенности биосинтеза монотерпенов у молодых деревьев сосны обыкновенной определяются, в основном, генетическими свойствами. Однако формирование насаждений и возрастание фитоценотической напряженности накладывают некоторый отпечаток на содержание монотерпеновых углеводородов. Так, у быстрорастущего потомства (+1) наблюдается тенденция к уменьшению биосинтеза α- и β-пинена, камфена, мирцена, β-фелландрена и увеличению Δ^3-карена от быстро- до медленнорастущих деревьев. У среднерастущего потомства (2Н), характеризующегося менее напряженной фитоценотической обстановкой по сравнению с (+1), более высоким содержанием β-пинена, мирцена, β-фелландрена и Δ^3-карена отличаются среднерастущие деревья, а α-пинена, лимонена и терпинолена – медленнорастущие.

Необходимо также отметить, что даже в пределах одной категории роста деревья имеют большую вариабельность содержания монотерпенов. Особенно высокое значение коэффициента вариации у обоих потомств отмечено для Δ^3-карена (39,6 ... 96,4 %), β-фелландрена (33,4 ... 61,3 %) и терпинолена (34,5 ... 68,8 %).

В целом, четкой корреляции между интенсивностью роста деревьев, их положением в формирующемся насаждении и содержанием монотепренов не наблюдается. Экземпляры, относящиеся к различным категориям роста, во многих случаях характеризуются однотипным характером биосинтеза монотерпенов и одинаковым их содержанием.

Особенности распределения деревьев в насаждениях по содержанию монотерпенов представлены на рисунке, из которого видно, что по характеру группирования моделей между потомствами существуют



Распределение деревьев полусибсовых потомств по содержанию монотерпенов: *а* – быстрорастущее потомство (+ 1) (*1 – 10* – быстрорастущие экземпляры; *11 – 40* – среднерастущие; *41 – 51* – медленнорастущие; *52* – материнское дерево); *б* – среднее по энергии роста потомство (2Н) (*1 – 10* – быстрорастущие экземпляры; *11 – 34* – среднерастущие; *35 – 47* – медленнорастущие; *48* – материнское дерево)

значительные различия, обусловленные прежде всего различиями в наследовании содержания монотерпенов. В целом дерево (2Н) более четко передает наследственные особенности биосинтеза монотерпеновых углеводородов потомству, чем (+1). В потомстве (2Н) на расстоянии факторной единицы (факторы 1 и 2 – условные математические единицы, рассчитанные на основании экспериментальных данных о содержании монотерпенов) от материнского дерева находится 27,5 % моделей, тогда как в потомстве (+1) – только 9,8 %, на расстоянии двух единиц – соответственно 42,5 и 35,3 %, трех – 21,3 и 35,3 %. Наиболее слабо наследуют материнский характер биосинтеза монотерпенов полусибсовые деревья, находящиеся на расстоянии 4-5 единиц. Таких экземпляров в потомстве (2Н) имеется 8,6 %, (+1) – 19,6 %. Вероятно, у семейства (2Н) характер наследования монотерпеновых углеводородов идет по материнскому типу, а у потомства (+1) – по промежуточному.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что характер биосинтеза монотерпенов является строго генетически детерминированным признаком. Влияние на него внешних фитоценотических факторов проявляется слабо. Притом наследование особенностей биосинтеза монотерпенов полусибсовыми потомствами сосны обыкновенной напрямую не зависит от степени наследования интенсивности роста. Очевидно эти признаки наследуются разными системами генов, находящихся в различных хромосомах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Балковая Е.Н. Физиолого-биохимическая характеристика эфиромасличных растений. - Днепропетровск: Гос. ун-т, 1958. - 183 с. [2]. Гут Р.Т., Криницкий Г.Т. Химический состав монотерпенов как показатель географической изменчивости сосны обыкновенной // Лесн. журн. - 1989. - № 3. - С. 85 - 88. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Зауралов О.А. О физиологическом значении эфирных масел в растении // Растительные ресурсы. - 1975. - Т. 10, вып. 2. - С. 289 - 304. [4]. Криницкий Г.Т. Морфофизиологические основы селекции древесных растений: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - Киев, 1993. - 46 с. [5]. Максимов В.М. К методике извлечения эфирного масла из хвои сосны обыкновенной. - М., 1982. - № 11. - С. 103-122. (Деп. В ЦБНТИлесхоз № 112, ЛД – Д 82). [6]. Николаев А.Г. Биологическая роль компонентов эфирных масел // Химическая изменчивость растений. - Кишинев: Штиинца, 1972. - С. 9 - 28. [7]. О составе летучих масел, отгоняемых из живицы и из ветвей маточных деревьев сосны крымской и их прививок / И.И. Бардышев, Г.И. Мальцев, Р.И. Зенько, Е.П. Проказин // Лесн. журн. - 1971. - № 2. - С. 164 - 167. - (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Подгорный Ю.К., Акимов Ю.А. Наследуемость содержания эфирного масла в хвое и побегах сосны пицундской // Лесоведение. - 1975. - № 5. - С. 70-71. [9]. Полтавченко Ю.А., Рудаков Г.А. Эфирные масла хвойных деревьев Прибайкалья и вопросы генезиса терпенов // Синтетические продукты из канифоли и скипидара. - Горький: Волго-Вят. кн. изд-во, 1970. - С. 82-94. [10]. Танасиенко Ф.С. Эфирные масла. Содержание и состав в растениях. - Киев: Наукова думка, 1985. - 264 с. [11]. Чернодубов А.И., Белякова Е.Ю. Состав монотерпенов сосны

обыкновенной при контролируемом скрещивании // Гибридизация лесных древесных пород. - Воронеж: ВГУ, 1988. - С. 120 - 124. [12]. Чернодубов А.И., Дерюжкин Р.И., Колесникова Р.Д. Наследование состава эфирного масла из хвои сосны обыкновенной // Лесн. журн. - 1984. - № 2. - С. 101 - 103. - (Изв. высш. учеб. заведений). [13]. Чернодубов А.И., Дерюжкин Р.И. Эфирные масла сосны: состав, получение, использование. - Воронеж: ВГУ, 1990. - 112 с. [14]. Чудный А.В., Докучаева М.И. О наследовании состава терпентинных масел потомством привитых деревьев // Лесоведение. - 1979. - № 2. - С. 34 - 38. [15]. Чудный А.В. Изменчивость состава терпентинных масел сосны обыкновенной // Растительные ресурсы. - 1977. - Т. 13, вып. 2. - С. 291 - 304. [16]. Чудный А.В., Проказин Е.П., Суворов В.И. Сохранение состава терпентинных масел при изменении физиологического состояния деревьев сосны обыкновенной // Физиология растений. - 1974. - Т. 21, № 1. - С. 98 - 101. [17]. Geographic monoterpene variability of Pinus albicaulis / E. Zavarin, Z. Raffi, L. Cool, K. Spajberk // Forest Sci. - 19, № 2. - P. 147 - 156. [18]. Squillace A.E. Inheritance of monoterpene comprosition in cortical oleoresion of slashpine // Forest Sci. - 1971. - Vol. 17. - P. 68 - 76.

Поступила 20 июня 1996 г.

УДК 581.1(470.1)

В.Н. КОНОВАЛОВ, Л.В. КОНОВАЛОВА

Северный НИИ лесного хозяйства
Рыбинский лесхоз-техникум

Коновалов Валерий Николаевич родился в 1940 г., окончил в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией экологии и физиологии древесных растений, ведущий научный сотрудник Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства. Имеет более 80 печатных работ в области эколого-физиологического обоснования эффективности лесоосушения на Севере, подсочки и прижизненного просмоления древесины, применения минеральных удобрений в лесных сообществах, способов рубок, изучения природы лесов Крайнего Севера, сезонного роста пород и др.

Коновалова Лилия Валерьевна родилась в 1975 г., окончила в 1997 г. Архангельский государственный технический университет, преподаватель Рыбинского лесхоз-техникума. Имеет 8 печатных работ по экологии и физиологии осушаемых лесов, биологии рубок, вопросам минерального питания растений.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ПРИТУНДРОВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ*

Изучено влияние природных и антропогенных факторов на физиологические процессы сосны и ели на северном пределе их ареала. Показана эффективность воздействия каждого мероприятия на углеродное питание и пигментную систему указанных пород.

The influence of natural and anthropogenic factors on physiological processes of pine and spruce has been studied in the northern part of their growing area. The influence efficiency of every measure on carbon nutrition and pigmentary system is demonstrated.

Вопросы трансформации физиологических признаков в биогеоценозах под влиянием природных и антропогенных факторов в последнее время широко обсуждаются в научной литературе. Ученые приходят к заключению, что пути стабилизации жизненных процессов у растений при адаптации к внешним воздействиям могут быть самыми разнообразными – от изменения активности процессов метаболизма до конформационных преобразований нативной структуры белковых молекул и репрессии генов.

К антропогенным воздействиям наиболее чувствительны флоры пограничных территорий, так как в них многие виды находятся на границе экологической толерантности. Даже незначительное антропогенное воздействие, накладываясь на общие экологические факторы, способно привести к исчезновению вида [10]. К ним относятся флоры притундровой зоны, находящиеся в специфических климатических условиях. Усиление влияния горно- и нефтедобывающей, металлургической и целлюлозно-бумажной отраслей, частые лесные пожары, нерегулируемый выпас оленей наносят ощутимый вред флоре и фауне этого уникального природного комплекса, угрожая его существованию.

По имеющимся представлениям [12], устойчивость экосистемы зависит от многих факторов, среди которых одним из решающих является активность общих метаболических процессов в «слое живого вещества».

Считается, что метаболические адаптации у растений тундры носят не качественный, а количественный характер [6]. Значительный экспериментальный материал, полученный нами для представителей разных жизненных форм и семейств [3, 4], свидетельствует, что в отличие от флор умеренных широт адаптация растительности рассматриваемого региона к недостатку света и тепла на физиологическом уровне осуществляется путем уменьшения синтеза фотосинтетических пигментов, особенно хлорофиллов,

* Работа частично выполнена по программе «Российский лес».

снижения скорости водоотдачи, способности растений ассимилировать углекислоту с высокими скоростями при низких температурах вегетационного периода, а также за счет увеличения дыхательных затрат, необходимых для поддержания жизнедеятельности. Ряд авторов [6, 13] считают, что именно способность к высокому фотосинтезу при низких положительных температурах позволила растениям Субарктики заселить обширные пространства. К этому следует также добавить достаточно высокую у растений тундролесья скорость дыхания подземных органов несмотря на низкие температуры. Наши исследования показали, что корни сосны и ели в фитоценозах лесотундры при температуре 12,3 °С выделяют примерно такое же количество углекислоты, как их экорасы в северотаежной зоне при 17 °С (соответственно 0,59 ... 0,64 и 0,66 ... 0,71 мг CO_2 / (г · ч)) [15].

В настоящем сообщении приведены результаты исследований, полученные нами при изучении влияния пожаров, рубок и минеральных удобрений на процессы метаболизма у древесных пород на северном пределе их основного ареала (нижнее течение р. Пеши, 66° 45′ с. ш.). По ботанико-географическому делению район исследований относится к северной части лесотундры [2]. Описание объектов и методика исследований опубликованы нами ранее [3, 4].

Характерной особенностью функционирования лесов изучаемого региона являются частые пожары [11]. Обусловлено это большими запасами растительных горючих материалов, преобладанием в напочвенном покрове зеленых мхов, кустистых лишайников, имеющих повышенную природную пожарную опасность [9].

Исследования, проведенные в сосняках лишайниковых, пройденных низовыми пожарами, показали, что через две недели после пожара скорость фотосинтеза у ослабленных деревьев снижается на 40 ... 87, содержание пигментов на 6 ... 69 %, интенсивность транспирации в 2 раза и более (табл. 1). При пожарах наибольшей деградации подвергаются зеленые пигменты. Если количество хлорофилла у ослабленных деревьев снижается на 25 ... 64 %, то каротиноидов лишь на 6 ... 20 %.

Среди компонентов хлорофилла не установлено какой-либо определенной закономерности в реакции на пожар. У сосны и ели в хвое текущего года наименее устойчив к огневым воздействиям хлорофилл *б*, в двухлетней – хлорофилл *а*. Отношение *а* / *б* в молодой хвое этих пород в контроле было 3,1 ... 4,7, а на 2-недельной гари 4,1 ... 5,3 , в двухлетней – соответственно 3,8 ... 4,7 и 2,2 ... 2,7.

Высокая интенсивность дыхания (у сосны и ели 0,56 ... 0,64 в контроле и 0,77 ... 0,83 мг CO_2 / (г · ч) в опыте), обнаруженная нами у ослабленных деревьев, указывает на активно идущие репарационные процессы, направленные на восстановление поврежденных тканей.

При пожарах наиболее значительно поражается физиологическая система березы. Наличие толстого слоя коры из мертвых клеток у лиственницы делает ткани ствола менее восприимчивыми к тепловым воздействиям.

Таблица 1

Интенсивность физиологических процессов у древесных пород в сосняке лишайниковом и на гари сосняка лишайникового двухнедельной давности

Порода	Возраст хвои, лет	Сумма хлорофиллов, мг			Сумма каротиноидов, мг			Фотосинтез, мг CO_2 / (г · ч)			Транспирация, мг H_2O / (г · ч)		
		Контроль	Опыт		Контроль	Опыт		Контроль	Опыт		Контроль	Опыт	
		$M \pm m$	$M \pm m$	t	$M \pm m$	$M \pm m$	t	$M \pm m$	$M \pm m$	t	$M \pm m$	$M \pm m$	t
Сосна	1	0,46±0,004	0,30±0,011	13	0,11±0,002	0,10±0,002	6	9,6±0,3	3,9±1,1	5	492±23	116±23	13
	2	0,69±0,001	0,52±0,004	48	0,15±0,004	0,14±0,004	2	8,7±0,5	4,3±1,7	3	368±23	139±22	7
Ель	1	0,46±0,011	0,21±0,006	18	0,10±0,003	0,08±0,004	3	8,7±1,0	1,1±0,6	7	...	...	...
	2	0,60±0,006	0,28±0,004	41	0,15±0,008	0,14±0,001	2	6,7±1,0	3,0±0,8	3	376±12	191±26	7
Лиственница	-	0,94±0,009	0,77±0,004	17	0,24±0,012	0,21±0,002	2	11,3±1,1	4,3±2,1	3	422±19	282±31	4
Береза	-	1,36±0,013	0,42±0,012	17	0,30±0,006	0,15±0,006	5	45,5±2,1	9,8±1,2	15	1302±64	293±23	15

В целом можно считать, что пожары негативно влияют на физиологию деревьев. У ослабленных, но сохраняющих жизнеспособность деревьев для ликвидации последствий поражения требуется приток значительного количества пластических веществ. Это ведет к переориентации системы транспорта и снижению прироста. Через 8 лет после пожара годичный слой древесины у сильно поврежденных деревьев сосны был в 5,0–5,5 раза уже, чем у здоровых.

В притундровых лесах среди участков леса располагаются значительные площади вырубок. В Средней Сибири, по данным учета лесного фонда на 01.08.88, под вырубками было занято 46,9 тыс.га [1]. По нашему мнению, эта цифра намного меньше фактической площади, пройденной разными способами рубок. Однако ряд специалистов [7, 8] считают, что в притундровых лесах рубки не только возможны, но и необходимы из лесоводственно-природоохранных соображений.

Из-за слабой обжитости территории и отсутствия специализированных лесозаготовительных предприятий наиболее широкое распространение здесь получили выборочные рубки интенсивностью 10 ... 40 % по запасу [1]. Участки сплошных рубок занимают небольшие площади (1-2, реже 10 га и более) и обычно тяготеют к населенным пунктам. Из-за крайне низкого уровня развития лесного хозяйства в регионе основным способом лесовосстановления на вырубках служит их естественное заращивание.

Наблюдения за состоянием факторов внешней среды показали, что на широте 66° 45′ с. ш. в ясный солнечный день к кронам деревьев поступает 65 ...85 тыс. лк, под полог спелого ельника черничного около 20 тыс. лк. После вырубки 40 % стволов освещенность под пологом увеличивается в 2,5–3,0 раза, достигая при такой погоде 45 ... 50 тыс. лк. Средняя температура воздуха возрастает на 0,4 ... 0,6 °С, а почвы в слое 0 ...10 см. на 0,4 ... 0,7 °С [14]. Установлено, что рубка древостоев уже в первый год приводит к развитию у подроста и тонкомерных деревьев сосны и ели типичной световой хвои с меньшей концентрацией пигментов (табл. 2).

Таблица 2

Интенсивность физиологических процессов у подроста сосны и ели в ельнике черничном и на однолетней сплошной вырубке

Показатели	Контроль		Однолетняя вырубка	
	Сосна	Ель	Сосна	Ель
Дыхание корней, мг CO_2 / (г · ч)	0,59±0,03	0,64±0,02	0,66±0,03	0,75±0,02
Дыхание хвои, мг CO_2 / (г · ч)	0,52±0,02	0,47±0,06	0,60±0,02	0,52±0,06
Сумма хлорофиллов, мг	0,47±0,002	0,41±0,006	0,44±0,006	0,37±0,005
Сумма каротиноидов, мг	0,19±0,004	0,20±0,005	0,17±0,002	0,18±0,004
Фотосинтез, мг CO_2 / (г · ч)	6,2±0,4	5,2±0,3	18,9±1,0	12,0±0,8
Транспирация, мг H_2O / (г · ч)	174±9	226±17	137±17	263±16

На участке ельника черничного, где было вырублено 40 % стволов, содержание хлорофиллов в хвое средневозрастных деревьев сосны и ели через два года снизилось в среднем на 15, у подроста – на 22 %, каротиноидов соответственно на 8 и 18 %, а скорость фотосинтеза, напротив, почти удвоилась. Одновременно возросли также интенсивность транспирации и энергетическое состояние корней. На 20–25-летних вырубках отличие от контроля не превышало 6 ... 15 %.

На сплошных послепожарных вырубках 15- и 20-летней давности с редкостойными березовыми молодняками у самосева сосны в однолетней хвое содержалось 0,36 мг зеленых и 0,19 мг желтых пигментов, в сосняке лишайниковом на 29 и 19 % больше.

По сравнению с северной и средней подзонами тайги рубка деревьев материнского полога на Крайнем Севере из-за более низкой сомкнутости древостоев (полнота 0,4 ... 0,5) приводит к меньшим изменениям в пигментной системе растений. Спустя год после сплошной рубки ельников черничных сумма пигментов у подроста ели и сосны в северотаежной подзоне уменьшилась в среднем на 40 % [15], в притундровой подзоне – на 10 %.

Известно [13], что на интенсивном свету фотодеструкции подвергаются преимущественно молекулы хлорофилла *б*, что приводит к возрастанию соотношения хлорофиллов *а* и *б*. В отличие от северной тайги [4] на Крайнем Севере после рубки древостоев мы не обнаружили статистически достоверных изменений этого показателя. Колебания были в основном вызваны погодными условиями. Соотношение хлороффилов *а* и *б* на вырубках и в древостоях в период вегетации составляло 1,7–2,2, в марте 3,0–3,4.

На сплошных паловых вырубках 20-летней давности фотосинтез подроста порослевой березы и самосева сосны происходит в 1,3 раза активнее, чем в горельниках, и в 1,5 раза выше, чем в сосняках лишайниковых.

Растения напочвенного покрова (черника, голубика, брусника, толокнянка) на 25- и 30-летних вырубках имели на 18 ... 36 % меньше зеленых и желтых пигментов, а их фотосинтез в 2,5–3,0 раза превышал контроль.

С улучшением радиационного режима на вырубках у растений изменилась скорость передвижения ассимилятов. Результаты опытов показали, что у подроста ели под пологом ельника количество C^{14} - меченых продуктов (174,2 тыс. имп /мин) в подкормленных мутовках за сутки уменьшается на 9, за 8 суток на 31 %, а на 13-летней вырубке соответственно на 35 и 66 % (при первоначальной радиоактивности 262,2 тыс. имп/мин). Под пологом основная масса ассимилятов у подроста ели на Крайнем Севере в середине июля еще продолжает использоваться на формирование нового ассимиляционного аппарата. На вырубке значительная часть их (6 %) аттрагируется в ствол и корни. Молодая хвоя здесь к этому сроку уже полностью переходит на самостоятельное углеродное питание и сама становится активным донором ассимилятов.

С улучшением светового и теплового режимов на вырубках существенно изменился водный режим растений. Так, после рубки в ельнике черничном 40 % стволов интенсивность транспирации у средневозрастных деревьев сосны и ели через 2 года возросла в среднем на 8, у подроста на 22 %. На 10- и 20-летних вырубках она превышала контроль на 11 ... 52 %.

На сплошных послепожарных вырубках 15- и 20-летней давности интенсивность транспирации у одиночно стоящих здоровых деревьев лиственницы была на 19, сосны на 60 % выше, чем в сосняке лишайниковом. Подрост порослевой березы на послепожарных вырубках транспирировал на 59, самосев сосны на 75 % активнее, чем в контроле.

В сосняке лишайниковом брусника транспирировала в среднем 126, толокнянка 230, а на послепожарной 20-летней вырубке соответственно 234 и 531мг H_2O / (г · ч).

Таким образом, рубка деревьев материнского полога, улучшая условия роста, и на Крайнем Севере способствует активизации физиологической деятельности и интенсивному наращиванию биомассы у оставляемых на доращивание подроста и тонкомера. Так, за последние 10 лет ширина годичного кольца у подроста сосны и ели на 21-летней вырубке увеличилась в 1,8–2,9, прирост в высоту в 3,3 раза, длина хвои (у сосны) на 22,8 %. Поэтому сохранение хвойного молодняка при рубках значительно сокращает сроки заращивания вырубок и обеспечивает быстрое восстановление защитных функций лесов Крайнего Севера.

В решении проблемы повышения продуктивности и устойчивости лесов Крайнего Севера применению удобрений в будущем будет принадлежать ведущее место. Азотные удобрения (карбамид) в дозах N80, N120, N180, N240 и N300 кг/га д. в. внесены в почву пограничных с тундрой 33- и 60-летних сосняков лишайниковых послепожарного происхождения (66° 45′ с. ш.) перед началом вегетационного периода. Действие удобрений прежде всего положительно сказалось на процессах, связанных с биосинтезом пластидных пигментов (табл. 3). Уже в первый год деревья сосны на удобренных участках содержали хлорофилла на 9 ... 58 и каротиноидов на 23 ... 38 % больше, чем в контроле. Наиболее интенсивно пигменты накапливались в вариантах с максимальными дозами удобрений. Так, в варианте N300 количество хлорофилла *а* в растущей хвое возросло по сравнению с контролем на 55, хлорофилла *б* на 64, каротиноидов на 38 %. В вариантах N80 общее содержание пигментов увеличилось всего на 13 %.

У ели после внесения N240 содержание зеленых пигментов возросло на 19, желтых на 13 %. В зимний период (март) количество пигментов в вариантах с удобрениями превышало контроль: у сосны на 6 ... 23, у ели на 18 %.

В другой серии опытов, где азотные удобрения (N240) были внесены в 30-летнем сосняке лишайниковом одновременно с рубками ухода, содержание зеленых пигментов у сосны после внесения удобрений на непроореженной секции возросло по сравнению с контролем на 23,

Таблица 3

Интенсивность физиологических процессов у сосны в 33-летнем сосняке лишайниковом после внесения азотных удобрений (август)

Вариант опыта	Хлорофилл, мг			Сумма каротиноидов, мг	Фотосинтез, мг CO_2 / (г· ч)	Длина хвои, см
	а	*б*	*а + б*			
Контроль	0,22±0,010	0,11±0,006	0,33±0,017	0,13±0,003	19,0±1,5	2,7±0,4
N80	0,24±0,006	0,12±0,004	0,36±0,012	0,16±0,004	20,5±1,3	3,0±0,8
N120	0,29±0,010	0,13±0,006	0,42±0,015	0,16±0,003	24,0±1,3	3,4±0,3
N180	0,32±0,004	0,17±0,003	0,49±0,007	0,17±0,005	25,9±1,6	3,6±0,5
N240	0,33±0,007	0,17±0,005	0,50±0,009	0,17±0,004	25,7±0,8	3,9±0,4
N300	0,34±0,013	0,18±0,009	0,52±0,011	0,18±0,003	24,8±2,4	4,0±0,6

каротиноидов на 9 %. На секциях с рубками ухода количество пигментов под влиянием удобрений увеличилось соответственно на 31 и 20 % и к 15 сентября составляло: зеленых 0,780 ± 0,011, желтых 0,230 ± 0,004 мг.

Наряду с увеличением количества пигментов удобрения воздействовали также на углеродное питание сосны и ели. Опыты показали, что на Крайнем Севере в 33-летних сосняках лишайниковых наибольшее влияние на фотосинтез в первый год оказывает азот в дозах N180 и N240, в 60-летних – N240 и N300 кг/га. Скорость фотосинтеза в вариантах с этими дозами удобрений оказалась на 36 и 35 % выше, чем в контроле. Наименее эффективной на обоих участках сосняков была доза N80. Количество ассимилированного углерода сосной здесь возросло всего на 8 %. У ели скорость фотосинтеза после внесения N240 увеличилась на 24 %. Улучшение метаболической активности у деревьев после внесения удобрений явилось следствием повышения энергетического состояния корневых систем [4].

Под влиянием удобрений улучшился листовой индекс растений: у сосны длина хвои на удобренных делянках увеличилась на 11 ... 48, ширина на 3 ... 12, толщина на 7 ... 26 %.

Таким образом, повышение уровня корневого питания после внесения азотных удобрений на северном пределе ареала приводит к перестройке пигментного комплекса у сосны и ели, увеличению в ассимиляционном аппарате концентрации зеленых и желтых пигментов, улучшению углеродного питания и в целом ведет к повышению биологической продуктивности и защитных свойств лесов этого природного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Абаимов А.П., Бондарев А.И. Лесоводственная оценка рубок в притундровых лесах Средней Сибири // Лесн. хоз-во. - 1992. - № 8 - 9.- С. 26 - 28. [2]. Атлас Архангельской области. - М.: Глав. управление геодезии и картографии, 1976. - 72 с. [3]. Коновалов В.Н. Жизнедеятельность растений Крайнего Севера и ее изменение под влиянием пожаров// Проблемы притундрового лесоводства: Сб. науч. тр. / АИЛиЛХ. - Архангельск, 1995. - С. 78 - 89. [4]. Коновалов В.Н., Коновалова Л.В. Адаптивные особенности физиологических признаков у рас-

тений на Крайнем Севере // Лесн. журн. - 1996. - № 6. - С. 26 - 30. - (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Коновалов В.Н., Листов А.А. Влияние минерального питания на дыхание корней сосны обыкновенной // Лесн. журн. - 1989. - № 4. - С. 15 - 19. - (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Назаров С.К. Фотосинтетический метаболизм углерода у некоторых растений О. Вайгач // Ботанич. журн., - 1975. - Т. 60, № 11. - С. 1626 -1631. [7]. Проблемы притундрового лесоводства: Сб. науч. тр. / АИЛиЛХ. - Архангельск, 1995. - 166 с. [8]. Притундровые леса / М.: Агропромиздат,1987. - 168 с. [9]. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование притундровых лесов Сибири // Проблемы притундрового лесоводства: Сб. науч. тр. / АИЛиЛХ. - Архангельск, 1995. - С. 90 - 103. [10]. Хмелев К.Ф., Березуцкий М.А. Антропогенная трансформация флоры окрестностей города Саратова за последние 100 лет // Экология. – 1995. - № 5. - С. 363 - 367. [11]. Цветков В.Ф., Семенов Б.А. Сосняки Крайнего Севера. - М.: Агропромиздат, 1985. - 116 с. [12]. Цветков В.Ф., Торхов С.В., Семенов Б.А. К уточнению границы зоны притундровых лесов Архангельской области // Проблемы притундрового лесоводства: Сб. науч. тр. / АИЛиЛХ. - Архангельск, 1995. - С. 13 - 29. [13]. Швецова В.М., Вознесенский В.Л. Суточные и сезонные изменения интенсивности фотосинтеза у некоторых растений Западного Таймыра // Ботанич. журн. - 1970. - Т. 55, № 1. - С. 66 - 76. [14]. Шлык А.А., Прудников И.В., Мицук З.И. Последействие выцветания на биосинтез хлорофилла в постэтиолированных листьях исыта // Изв. АН БССР. Сер. биол. - 1983. - № 6. - С. 22 - 26. [15]. Эколого-физиологическое обоснование рубок главного пользования в лесах Европейского Севера / В.Н. Коновалов, Н.И. Вялых, Г.Н. Ермолаевская, Л.В. Коновалова // Антропогенное влияние на европейские таежные леса России: Сб. науч. тр. / АИЛиЛХ. - Архангельск, 1994. - С. 38 - 52.

Поступила 21 марта 1996 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.3.001.24

А.В. ЖУКОВ, О.В. ПЕТРОВИЧ

Белорусский государственный технологический университет

Жуков Анатолий Васильевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Белорусский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета, заведующий научно-исследовательской лабораторией механизации и автоматизации лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем. Имеет более 320 печатных работ в области лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАБОТЫ КРЕСТООБРАЗНОЙ СЦЕПКИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

Получены аналитические зависимости, которые позволяют определять период действия и смену фаз работы крестообразной сцепки лесовозного автопоезда на повороте.

Analytical dependencies have been obtained, allowing for determining the activity period and phase changing of cross coupling operation of timber truck train on turns.

Кинематические свойства крестообразной сцепки лесовозного автопоезда оказывают существенное влияние на характеристики его маневрирования. Методика определения рациональных параметров системы управления лесовозным автопоездом изложена в работе [2], где кинематический анализ работы тросовой системы управления дан с учетом свойств гибких нитей, воспринимающих только растягивающую нагрузку. На основании полученных кинематических зависимостей, описывающих взаимодействие звеньев тросовой системы управления лесовозного автопоезда, произведем анализ всех фаз работы крестообразной сцепки автопоезда с учетом особенностей движения и взаимодействия звеньев автопоезда на этапах его поворота: вход в поворот, круговое движение, выход из поворота [1, 3].

Согласно методике [2] крестообразная сцепка лесовозного автопоезда была представлена в виде двух симметричных относительно дышла четырехшарнирных механизмов *CNDB* и *CAKB*, работающих при криволинейном движении автопоезда попеременно и в противофазах (рис. 1). База L прицепного звена автопоезда, плечи c и b, углы γ и φ установки плеч относительно точки C шарнирного крепления прицепного звена к тягачу и точки B шарнирного крепления управляемой колесной оси либо управляемой колесной тележки к прицепному звену определяют кинематические характеристики данного механизма управления прицепным звеном.

Для лесовозных автопоездов с роспуском ГКБ-9362, имеющим телескопическое дышло, базой L роспуска является межкониковое расстояние, а для автопоездов, имеющих роспуск типа ГКБ-9383 с жестко заданной длиной дышла, – его длина [1]. Линия центров рассматриваемых механизмов *CNDB* и *CAKB* проходит через шарнир C крепления прицепного звена к тягачу и шарнир B крепления поворотной колесной тележки к роспуску и совпадает с осью абсцисс подвижной системы координат $X_2O_2Y_2$ прицепного звена автопоезда. Ведущими звеньями (кривошипами) механизмов *CNDB* и *CAKB* являются рычаги c, ведомыми (коромыслами) – рычаги b. Тросы l_{ND} и l_{AK} в зависимости от фазы работы крестообразной сцепки попеременно выполняют роль шатунов соответствующих четырехшарнирных механизмов. Угол δ складывания автопоезда определяет вращение кривошипа, угол β поворота управляемой колесной тележки – вращение коромысла.

Проанализируем все фазы работы крестообразной сцепки с учетом особенностей движения и взаимодействия звеньев автопоезда на определенных его этапах: вход в поворот, круговое движение и выход.

Расстояние между точками крепления работающей гибкой тяги рассматриваемого четырехзвенника управления автопоезда соответствует длине троса l при прямолинейном движении автопоезда:

$$l = \sqrt{(L - c\cos\frac{\gamma}{2} - b\cos\frac{\varphi}{2})^2 + (c\sin\frac{\gamma}{2} + b\sin\frac{\varphi}{2})^2}\ . \qquad (1)$$

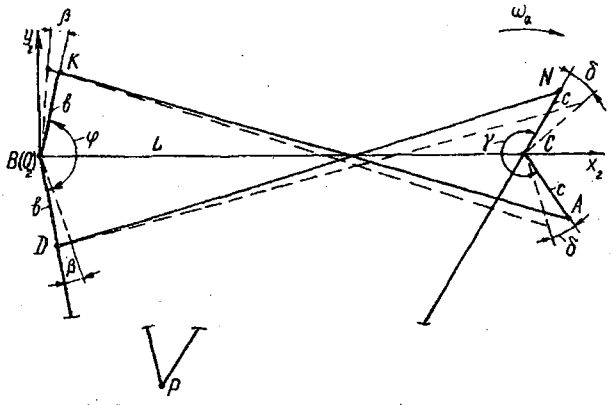


Рис. 1. Схема крестообразной сцепки автопоезда

Определим угол β относительного поворота в подвижной системе координат $X_2O_2Y_2$ управляемой колесной тележки роспуска как функцию от угла δ складывания автопоезда. При прямолинейном движении автопоезда $\delta = 0$, $\beta = 0$, $\sphericalangle CBD = 0{,}5\,\varphi$.

Направление поворота автопоезда найдем с помощью углов, определяющих взаимное положение звеньев четырехшарнирных механизмов *CNBD* и *CAKB*. На рис. 1 показано вращение автопоезда по часовой стрелке. В этом случае

$$\sphericalangle BCN = \gamma/2 + \delta; \quad \sphericalangle BCA = \gamma/2 - \delta. \tag{2}$$

Зависимость $\beta = f(\delta)$ на начальном этапе входа автопоезда в поворот определим с помощью формулы

$$\beta = \varphi/2 + NBC - NBD. \tag{3}$$

Значения углов *NBC* и *NBD* зависят от угла складывания автопоезда δ:

$$NBC = \arccos\frac{l_{BN}^2 + L^2 - c^2}{2l_{BN}L}; \tag{4}$$

$$NBD = \arccos\frac{l_{BN}^2 + b^2 - l^2}{2l_{BN}b}, \tag{5}$$

где

$$l_{BN} = \sqrt{c^2 + L^2 - 2cL\cos(\gamma/2 + \delta)}. \tag{6}$$

После смены рабочих ветвей тросового привода значение угла β найдем по формуле

$$\beta = KBA - CBA - \varphi/2. \tag{7}$$

Здесь

$$KBA = \arccos\frac{b^2 + l_{AB}^2 - l^2}{2bl_{AB}}; \tag{8}$$

$$CBA = \arccos\frac{l^2 + l_{AB}^2 - c^2}{2Ll_{AB}}, \tag{9}$$

где

$$l_{AB} = \sqrt{c^2 + L^2 - 2cL\cos(\gamma/2 - \delta)}. \tag{10}$$

Зависимости (3) и (7) устанавливают связь между углами δ складывания автопоезда и β поворота колесной тележки относительно продольной оси *CB* роспуска при криволинейном движении. Выполняя последовательные вычисления по представленным формулам, можно найти β для любого значения δ. Однако использование формул (3) и (7) не позволяет определять время действия фаз работы крестообразной сцепки и их смену.

Проведем более полный анализ кинематических параметров системы управления.

Направление поворота автопоезда можно определить исходя не только из взаимного положения звеньев крестообразной сцепки в подвижной системе координат, но также из направления угловых скоростей $\dot{\delta} = \omega_c$ и $\dot{\beta} = \omega_b$ и ускорений $\ddot{\delta} = \varepsilon_c$ и $\ddot{\beta} = \varepsilon_b$ вращения кривошипов и коромысел.

Для определения угловой скорости $\dot{\beta} = \omega_b$ и ускорения $\ddot{\beta} = \varepsilon_b$ коромысла b необходимо дважды (в зависимости от фазы работы крестообразной сцепки) продифференцировать выражение (3) или (7).

Однако выражения для $\dot{\beta}$ и $\ddot{\beta}$ являются громоздкими, что вызывает затруднения при вычислении. Поэтому для определения $\dot{\beta}$ и $\ddot{\beta}$ воспользуемся более простым методом. Рассмотрим на примере работы четырехшарнирного механизма *CNDB* вращение кривошипа c и коромысла b относительно мгновенного центра P вращения шатуна l_{ND} (рис. 1).

Мгновенный центр P находят как пересечение направлений кривошипа c и коромысла b механизма *CNDB*. Скорость v_N точки N равна:

$$v_N = c\,\dot{\beta},$$

тогда угловая скорость $\omega_{l_{ND}}$ шатуна l_{ND}

$$\omega_{l_{ND}} = \frac{v_N}{l_{PN}} = \dot{\delta}\frac{c}{l_{PN}}.$$

Скорость точки D коромысла может быть выражена как через угловую скорость $\omega_{l_{ND}}$ шатуна l_{ND}, так и через угловую скорость $\dot{\beta}$ коромысла b:

$$v_D = b\,\dot{\beta} = -\,l_{PD}\,\omega_{l_{ND}}.$$

Таким образом, искомую угловую скорость коромысла b можно определить по формуле

$$\dot{\beta} = -\,\omega_{l_{ND}}\frac{l_{PD}}{b} = -\dot{\delta}\frac{c}{b}\frac{l_{PD}}{l_{PN}}.$$

Из треугольника *PND* имеем

$$\frac{l_{PD}}{l_{PN}} = \frac{\sin PND}{\sin NDP}.$$

Так как углы $PND = CND$, то

$$\sin NDP = \sin NDB$$

и

$$\dot{\beta} = -\dot{\delta}\frac{c\sin PND}{b\sin NDP} = -\dot{\delta}\frac{c\sin CND}{b\sin NDB}. \qquad (11)$$

В результате передаточная функция крестообразной сцепки

$$i = -\frac{c}{b}\frac{\sin CND}{\sin NDB}. \tag{12}$$

Определим углы CND и NDB. Для этого рассмотрим треугольники CND и NDB. По теореме косинусов находим

$$\cos CND = \frac{c^2 + l^2 - l_{CD}^2}{2cl}; \tag{13}$$

$$\cos NDB = \frac{b^2 + l^2 - l_{BN}^2}{2bl}, \tag{14}$$

где

$$l_{CD} = \sqrt{b^2 + L^2 - 2bL\cos(\varphi/2 - \beta)}. \tag{15}$$

Преобразуем (13), (14), используя (6) и (15), к виду

$$\cos NDB = \frac{b^2 + l^2 - c^2 - L^2 + 2cL\cos(\gamma/2 + \delta)}{2bl}; \tag{16}$$

$$\cos CND = \frac{c^2 + l^2 - b^2 - L^2 + 2bL\cos(\varphi/2 - \beta)}{2cl}. \tag{17}$$

Углы NDB и CND для определения угловой скорости $\dot{\beta}$ находят через функцию арккосинуса из выражений (16), (17).

Дифференцируя по времени уравнение (11), находим ускорение $\ddot{\beta} = \varepsilon_b$ при $\dot{\delta} = \text{const}$:

$$\ddot{\beta} = -\dot{\delta}\,\frac{c}{b}\,\frac{\cos CND\dfrac{dCND}{dt}\sin NDB - \sin CND\cos NDB\dfrac{dNDB}{dt}}{\sin^2 NDB}. \tag{18}$$

Дифференцируя по t выражения (16) и (17), получаем

$$\frac{dNDB}{dt} = \frac{cL}{bl}\frac{\sin(\gamma/2 + \delta)}{\sin NDB}\dot{\delta}; \tag{19}$$

$$\frac{dCND}{dt} = -\frac{bL}{cl}\frac{\sin(\varphi/2 - \beta)}{\sin CND}\dot{\beta}. \tag{20}$$

Преобразуя (18), находим

$$\ddot{\beta} = -\frac{\cos CND\sin(\frac{\varphi}{2} - \beta) - \frac{c}{b}\sin CND\sin(\frac{\gamma}{2} + \delta)\operatorname{ctg} NDB}{\sin^2 NDB}\dot{\delta}^2\frac{cL}{bl}. \tag{21}$$

С помощью формул для $\dot{\beta}$ и $\ddot{\beta}$ можно установить период действия и смену фаз работы крестообразной сцепки в каждом конкретном случае криволинейного движения автопоезда. Кроме того, методика дает возможность определить зону неуправляемого движения прицепного звена. Она характеризуется значением угла ψ неконтролируемого поворота колесной тележки

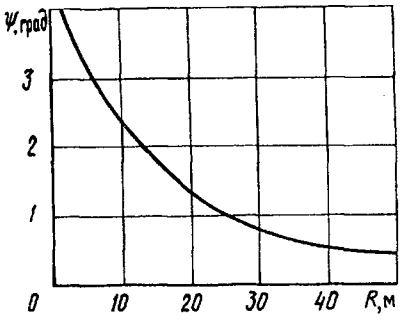


Рис. 2. Зависимость изменения угла ψ неконтролируемого движения роспуска лесовозного автопоезда МАЗ-5434+ГКБ-9362 от радиуса его поворота *R* при скорости 5 км/ч

относительно прицепного звена в момент смены фаз работы шарнирных четырехзвенников крестообразной сцепки [2].

Исследования [3] показали, что смена фаз в работе крестообразной сцепки лесовозного автопоезда происходит при его входе в поворот. При смене фаз возникает кинематическое рассогласование в работе сцепки. Это приводит к нарушению фиксированной связи прицепного звена с тягачом. Для лесовозного автопоезда МАЗ-5434+ГКБ-9362 изменение угла β поворота колесной тележки роспуска, которое соответствует углу ψ его неконтролируемого поворота в момент смены рабочих тяг крестообразной сцепки, достигает 4° (рис. 2).

Применение изложенной методики позволило обосновать оптимальные параметры ряда сцепных устройств для лесовозных автопоездов различного типа, многие из которых внедрены в производство, что значительно повысило эффективность их эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Жуков А.В., Петрович О.В. Определение положения прицепа-роспуска лесовозного автопоезда на траектории поворота // Лесн. журн. - 1991. - № 6. - С. 45-49. - (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Жуков А.В., Петрович О.В., Кирильчик А.И. Методика оценки кинематических параметров тросовой системы управления лесовозного автопоезда // Лесн. журн. - 1990. - № 1. - С. 29-34. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Петрович О.В. Обоснование параметров маневренности лесовозного автопоезда с регулируемым устройством управления прицепом-роспуском: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Минск, 1995. - 19 с.

Поступила 12 февраля 1996 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

УДК 625.032.43.001.24

С.И. МОРОЗОВ

Архангельский государственный технический университет

Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИА, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет около 140 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.

УДАР ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ О ПРЕПЯТСТВИЕ

Изложена методика решения задач удара цилиндрических тел о препятствие в виде наклонной плоскости или ступеньки. Использована классическая теория удара. Дан пример решения задачи.

Methodic of problem solving is described related to the impact of cylindrical bodies on such obstacles as an inclined plane or a step. The classical theory of impact is used. The example of problem solving is given.

При качении цилиндрических тел (к которым относят катки, трубы, колеса и т. д.) имеет место явление удара при их взаимодействии с препятствием в виде уступа или наклонной плоскости.

Одна из таких задач была решена нами в работе [2] для удара колеса о принимающий рельс в зоне стыка. Рассмотрим методику решения других аналогичных задач, которые могут встретиться при изучении ударов тел на лесозаготовках и лесотранспорте.

Предположим, что сплошное цилиндрическое катящееся тело имеет массу m_1, радиус r_1, скорость движения центра масс v_1, угловую скорость вращения до удара $\omega_{10} = v_1/r_1$. Второе тело представляет собой неподвижную наклонную массивную плоскость, т. е. $v_2 = 0$, $m_2 = \infty$, $I_2 = \infty$.

Тело, которое катится без скольжения, совершает плоскопараллельное движение, но не является свободным. На него наложена неудерживающая связь, совпадающая с мгновенным центром скоростей p. При ударе здесь могут возникать импульсы реакций связи, что влияет как на процесс удара, так и на его характеристики.

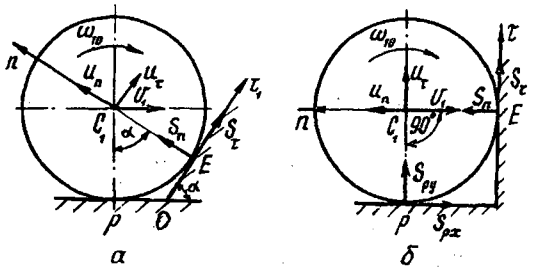


Рис. 1.

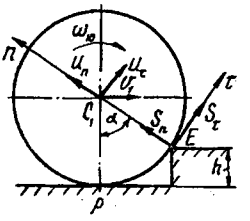


Рис. 2.

В случае, показанном на рис. 1, *а*, мгновенный центр скоростей при ударе перемещается в точку *E*. Контакт с поверхностью качения в точке *p* исчезает, и тело можно считать свободным, так как импульсы опорных реакций и импульсы ударной силы в точке *E* совпадают.

Во втором случае (рис. 1, *б*) связь тела с поверхностью качения в точке *p* может сохраниться. Здесь необходимо определить не только импульсы ударных сил в точке *E*, но и реакцию неудерживающей связи в точке *p*.

Таким образом, выбор расчетной схемы зависит от расположения точек *E* и *p* при ударе. Если они совпадают, то каток можно рассматривать как свободное тело; если не совпадают, то необходимо учитывать появление в точке *p* импульсов ударных реакций.

Критерием для выбора расчетной силы могут послужить знаки импульсов опорных реакций S_{px} и S_{py}. При $S_{py} < 0$ связь катка с неподвижной поверхностью в момент удара исчезает (так как эта связь неудерживающая). Такое тело можно считать при ударе свободным, так как $S_{px} = 0$ и $S_{py} = 0$.

При $S_{py} > 0$ в точке *p* есть нормальная ударная реакция. Если выполняется условие $S_{px} < S_{py} f$ (где f – коэффициент трения скольжения), то катящееся цилиндрическое тело в момент удара можно рассматривать как тело с неподвижной осью вращения, совпадающей с точкой *p*.

Если поверхности соударяющихся тел шероховатые, то связь между ними в точке контакта создается только за счет сил трения. В случае, когда рассматривают соударение зубчатых колес в рядовых, планетарных или дифференциальных передачах, то в точке *p* импульсы S_{px} и S_{py} могут иметь любое направление и любое значение. Поэтому при соударении зубчатых колес точку *p* следует рассматривать как центр вращения и использовать схему соударения двух вращающихся тел с неподвижными осями вращения.

Для расчетной схемы на рис. 2 при ударе происходит отрыв катка от поверхности качения. На рис. 1, *а* показан удар о наклонную плоскость, на рис. 2 – о ступеньку. В принципе эти случаи аналогичны, т. е. кинематические и силовые характеристики процесса удара находят по одним и тем же расчетным зависимостям. Однако в первом случае угол α задан, во втором его надо предварительно найти по формуле

$$\alpha = \frac{r_1 - h}{r_1},$$

где h – высота ступеньки.

Предположим, что в момент удара проскальзывание катка в точке E отсутствует, т. е. она является мгновенным центром скоростей.

Используя формулы, приведенные в работах [1, 3] применительно к данному частному случаю соударения тел, получаем

$$\begin{aligned} S_\tau &= \frac{1}{3} m_1 v_1 (1 - \cos\alpha); \\ S_n &= m_1 v_1 (1 + \varepsilon) \sin\alpha; \\ u_\tau &= \frac{1}{3} v_1 (1 + 2\cos\alpha); \\ u_n &= v_1 \varepsilon \sin\alpha; \\ \omega_1 &= -\frac{v_1}{3r}(1 + 2\cos\alpha), \end{aligned} \tag{1}$$

где S_τ, S_n – импульсы ударных сил в точке E, направленные по осям τ и n;

u_τ, u_n – составляющие скорости точек C_1 после удара, направленные параллельно осям τ и n;

ω_1 – угловая скорость вращения тела 1 после удара;

ε – коэффициент восстановления, определяемый экспериментально.

Положение точки соударения E определяется расстоянием OE, которое можно найти по формуле

$$OE = r_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

В результате действия ударных сил с импульсом S_n в точке E возникают пластические (или хрупкие) деформации материала, что приведет к образованию вмятины, которая при повторном воздействии цилиндрического тела о горизонтальную плоскость будет увеличиваться.

Для пустотелого цилиндра (трубы) изменится только момент инерции. Его находят по формуле $I_1 = mr^2$. Соответствующие расчетные зависимости имеют вид

$$\begin{aligned} S_\tau &= \frac{1}{2} m_1 v_1 (1 - \cos\alpha); \\ S_n &= (1 + \varepsilon) m_1 v_1 \sin\alpha; \\ u_\tau &= \frac{1}{2} v_1 (1 + 2\cos\alpha); \\ u_n &= \varepsilon v_1 \sin\alpha; \\ \omega_1 &= -\frac{v_1}{2r_1}(1 + 2\cos\alpha). \end{aligned} \tag{2}$$

Как для сплошного, так и для пустотелого цилиндра имеют место следующие общие закономерности.

а) Угловая скорость цилиндра после удара знака не меняет, поэтому направление вращения сохраняется. При $\alpha = 0$ (или $h = 0$) сохраняется и значение ω, т. е. удара тел не происходит. С увеличением α (или h) угловая скорость цилиндра после удара уменьшается, и в диапазоне $0 < \alpha < 90°$ (или $0 < h < r_1$) ее значение не равно нулю.

б) Обе составляющие скоростей точки C_1 после удара (u_τ и u_n) положительны в диапазоне изменения угла α от нуля до 90°, т. е. имеют направление осей τ и n.

в) Составляющая u_τ вызывает вращение цилиндра вокруг точки E, что возможно только при отсутствии проскальзывания тел в этой точке. Если поверхности соударяющихся тел гладкие, то $S_\tau = 0$, следовательно, $\omega_1 = \omega_{10}$, $u_\tau = v_\tau$. Это означает, что угловые и линейные скорости в результате удара не изменятся. При наличии проскальзывания тел в точке E и действия сил трения значения ω_1, u_τ и u_n будут меньше, чем аналогичные значения этих скоростей при отсутствии проскальзывания в точке E.

г) При $\varepsilon = 0$ значения $u_n = 0$.

В случае «б» произойдет «отскок» цилиндра от точки E, поэтому после удара вращения его вокруг точки E не возникает (нет контакта цилиндра с ребром или плоскостью). Для изучения этого движения удобно применить дифференциальные уравнения плоско-параллельного движения свободного тела. Предполагая, что ось x направлена горизонтально, ось y вертикально, а в момент удара начало координат совпадает с точкой C_1, и пренебрегая сопротивлением воздуха, имеем

$$m_1 \ddot{x}_1 = 0;$$

$$m_1 \ddot{y}_1 = -m_1 g;$$

$$I_1 \ddot{\varphi} = 0.$$

Отсюда

$$x_1 = (u_\tau \cos\alpha - u_n \sin\alpha)\, t;$$

$$y_1 = -\frac{gt^2}{2} + (u_\tau \sin\alpha + u_n \cos\alpha)\, t;$$

$$\varphi = \omega_1 t.$$

Далее задача решается по правилам механики. Отметим, что во время полета угловая скорость вращения цилиндра не изменяется.

д) В том случае, когда нет вращения цилиндра до удара (т. е. $\omega_{10} = 0$, но $v_1 \neq 0$), расчетные зависимости принимают вид:
для сплошного цилиндра

$$S_\tau = \frac{1}{3} m_1 v_1 \cos\alpha;$$

$$S_n = (1 + \varepsilon)\, m_1 v_1 \sin\alpha;$$

$$\omega_1 = -\frac{2v_1}{3r_1}\cos\alpha; \tag{3}$$

$$u_\tau = -\frac{2}{3}v_1\cos\alpha;$$

$$u_n = \varepsilon\, v_1 \sin\alpha;$$

для пустотелого цилиндра

$$S_\tau = -\frac{1}{2}m_1 v_1 \cos\alpha;$$

$$S_n = (1+\varepsilon)\, m_1 v_1 \sin\alpha;$$

$$\omega_1 = -\frac{1}{2r_1}\cos\alpha; \tag{4}$$

$$u_\tau = -\frac{v_1}{2r_1}\cos\alpha;$$

$$u_n = \varepsilon\, v_1 \sin\alpha.$$

Здесь импульс S_τ меняет направление на обратное, но угловые и линейные скорости сохраняют первоначальное направление.

Для того чтобы получить наглядное представление о порядке определяемых величин, рассмотрим пример соударения сплошного цилиндра о ступеньку высотой h при m_1 = 200 кг; $m_2 = \infty$; r_1 = 0,3 м; I_1 = 9 кг·м^2; $I_2 = \infty$; v_1 = 4 м/с и нескольких значений h и ε. Результаты расчета приведены в таблице.

Зависимости расчетных величин от угла α при ε = 1 представлены на рис. 3. Они показывают, что с ростом α значения S_τ, S_n и u_n возрастают, а u_τ и ω_1 падают.

В последней графе таблицы приведены минимальные значения коэффициента трения в точке E. Если фактическое значение коэффициента

α, град	h, м	ε	S_τ, Н·с	S_n, Н·с	u_τ, м/с	u_n, м/с	ω_1, с$^{-1}$	f_E
48,19	0,04	0	89	596	3,11	0	-10,4	0,15
		0,5	89	894	3,11	1,49	-10,4	0,10
		1,0	89	1193	3,11	2,98	-10,4	0,07
70,53	0,15	0	178	754	2,22	0	-7,4	0,24
		0,5	178	1131	2,22	1,88	-7,4	0,16
		1,0	178	1508	2,22	3,77	-7,4	0,12
90,00	0,30	0	267	800	1,333	0	-4,4	0,33
		0,5	267	1200	1,333	2,0	-4,4	0,22
		1,0	267	1600	1,333	4,0	-4,4	0,17

трения f больше f_E, то проскальзывание цилиндра в точке E не происходит. Если $f < f_E$, то такое проскальзывание имеет место.

При одном и том же значении ε значение f_E увеличивается с высотой ступеньки.

Рассмотрим удар цилиндрического тела о вертикальную стенку (или о ступеньку при $h = r_1$).

Ранее было отмечено, что в момент соударения цилиндрического тела о наклонную плоскость происходит «перескок» мгновенного центра скоростей из точки p в точку E.

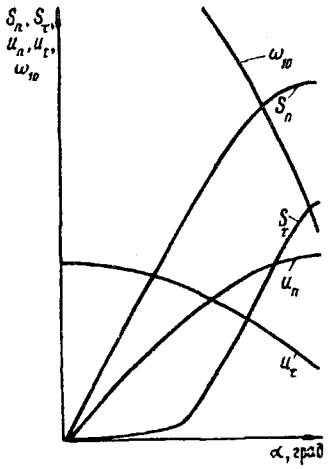


Рис. 3

Однако при $\alpha = 90°$ (или $h = r_1$) цилиндр касается неподвижных поверхностей в двух точках (рис. 1, *б*). Этот случай требует дополнительного изучения. Здесь в точке E возникают импульсы ударных сил, а в точке p могут появиться импульсы опорных реакций, которые обозначим S_{px} и S_{py}.

Составим три уравнения по теореме моментов:
относительно точки C_1

$$I_1(\omega_1 - \omega_{10}) = S_\tau r_1 - S_{px} r_1;$$

относительно точки p

$$I_p(\omega_1 - \omega_{10}) = S_\tau r_1 + S_n r_1; \qquad (5)$$

относительно точки E

$$I_E(\omega_1 - \omega_{10}) = -S_{py} r_1 - S_{px} r_1.$$

В систему (5) входят три неизвестные: ω_1, S_{py} и S_{px}. Значения S_τ и S_n определяем по уравнениям системы (1) при $\alpha = 90°$.

Решая систему (5), находим

$$\omega_1 - \omega_{10} = \frac{S_\tau + S_n}{I_p} r_1;$$

$$S_{px} = \frac{1}{3}(2\,S_\tau - S_n); \qquad (6)$$

$$S_{py} = -\frac{1}{3}(5\,S_\tau + 4S_n).$$

Для сплошного цилиндра (при $\alpha = 90°$) имеем

$$I_1 = \frac{1}{2} m_1 r_1^2;$$

$$I_E = I_p = \frac{3}{2} m_1 r_1^2;$$

$$S_\tau = \frac{m_1 v_1}{3}; \; S_n = (1 + \varepsilon)\, m_1 v_1.$$

Преобразовывая, получаем

$$\omega_1 - \omega_{10} = \frac{m_1 v_1 (4 + 3\varepsilon)}{3I_p} r_1 = \frac{2v_1(4 + 3\varepsilon)}{9r_1};$$

$$S_{px} = -\frac{m_1 v_1}{9}(1 + 3\varepsilon); \qquad (7)$$

$$S_{py} = -\frac{m_1 v_1}{9}(17 + 12\varepsilon).$$

В данном случае S_{py} отрицательно, поэтому в результате удара произойдет отрыв колеса от горизонтальной поверхности, т. е. S_{px} и S_{py} принимаем равными нулю.

Таким образом, приведенные зависимости позволяют решить задачу удара цилиндрического тела о препятствие полностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Морозов С.И. К вопросу о решении задач удара на лесотранспорте // Лесн. журн.- 1994. - № 1. - С. 40-47. - (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Морозов С.И. Методика решения задач удара колеса о рельс в стыке // Лесн. журн.- 1994. - № 2. - С. 35-41. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Морозов С.И. Удар двух тел: Методич. указ. по решению задач. - Архангельск: РИО АГТУ, 1966. - 56 с.

Поступила 20 февраля 1997 г.

УДК 630*36.001.573

В.И. КУЧЕРЯВЫЙ, В.Д. ЧАРКОВ

Ухтинский индустриальный институт

Кучерявый Василий Иванович родился в 1953 г., окончил в 1977 г. Ленинградскую лесотехническую академию, в 1991 г. Ленинградский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов и прикладной механики Ухтинского индустриального института. Имеет около 70 печатных работ в области разработки новых методов расчета прочности и прогнозирования надежности лесозаготовительных машин (ЛЗМ), вероятностного проектирования и статистической динамики конструкций ЛЗМ, моделирования на ПЭВМ ресурса деталей и прогнозирования их потребности.

Чарков Владимир Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1964 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов и прикладной механики Ухтинского индустриального института. Имеет более 40 научных трудов по численным методам расчета прочности конструкций.

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ

Рассмотрена расчетная схема детали лесной машины при случайном циклическом кручении. Получено уравнение для расчета математического ожидания диаметра детали по заданной вероятности неразрушения. Исследована чувствительность надежности детали к изменчивости предела выносливости, момента и допуска для диаметра.

The design scheme of forest machine parts has been examined at random cyclic torsion. The equation has been obtained for calculating the mathematical expectation of the part diameter based on the designed non-failure probability. The sensitivity of the part reliability has been investigated in relation to the variability of fatigue limit, moment and diameter tolerance.

Множество деталей лесных машин (ЛМ) сводится к расчетной схеме вала, работающего на циклическое кручение со случайной амплитудой крутящего момента $\widetilde{M}$. По совокупности однотипных деталей диаметр вала d и предел выносливости τ_{-1} материала – величины случайные. В дальнейшем их обозначаем $\widetilde{d}$ и $\widetilde{\tau}_{-1}$. На этапе проектирования, когда объем статистических данных ограничен, допускаем, что $\widetilde{M}, \widetilde{d}$, $\widetilde{\tau}_{-1}$ нормально распределены, известны их математические ожидания (МО): $\overline{M}, \overline{d}$, $\overline{\tau}_{-1}$ и стандартные отклонения (СО): S_1, S_2, S_0.

Цель нашего исследования – по заданной нормативной надежности R (вероятности неразрушения) найти МО диаметра вала. Это типичная задача вероятностного проектирования, которая наименее исследована в теории надежности конструкций ЛМ.

Известно, что в данном случае касательные напряжения кручения в опасной точке – это функция двух независимых случайных аргументов:

$$\widetilde{\tau} = f(\widetilde{M}, \widetilde{d}) = (16\,\overline{M}) / (\pi \widetilde{d}^3). \qquad (1)$$

По этой формуле методом квадратичной аппроксимации приближенно находим МО ($\tilde{\tau}$) и дисперсию (s^2) [1]:

$$\bar{\tau} = (16\ \overline{M}) / (\pi \bar{d}^3) + (1/2)\ [\ (\partial^2\ \bar{\tau} / \partial\ \overline{M}^2)\, s_1^2 + (\partial^2\ \bar{\tau} / \partial\ \bar{d}^2)\, s_2^2]; \qquad (2)$$

$$s^2 = (\partial\ \bar{\tau} / \partial \overline{M})^2\ s_2^2 + (\partial\ \bar{\tau} / \partial\ \bar{d})^2 s_2^2 + (1/2)\ [(\partial^2\ \bar{\tau} / \partial \overline{M}^2)^2\ s_1^4 +$$
$$+ (\partial^2\ \bar{\tau} / \partial\ \bar{d}^2)^2 s_2^4] + (\partial^2\ \bar{\tau} / \partial \overline{M}\ \cdot \partial\ \bar{d})^2\ s_1^2\ s_2^2. \qquad (3)$$

Представим СО диаметра как S_2 = (β/3) $\bar{d}$, где β – допуск в относительных единицах. Применив к выражению (1) преобразования (2) и (3), получим МО и дисперсию для $\tilde{\tau}$ в развернутом виде:

$$\bar{\tau} = [1 + (2/3)\ \beta^2]\ 16\ \pi^{-1}\ \overline{M}\ \bar{d}^{-3}; \qquad (4)$$

$$s^2 = (16\pi^{-1})^2\ \ [(1+\beta^2)\ s_1^2 + \beta^2\ (1+ (8/9)\ \beta^2)\ \overline{M}^2\ ]\, \bar{d}^{-6}. \qquad (5)$$

При нормальном распределении $\bar{\tau}_{-1}$ и $\bar{\tau}$ вероятность неразрушения R (параметр надежности детали) определяем по выражению [2]

$$R = \Phi\ [z], \qquad (6)$$

где Φ [z] – интеграл вероятностей,

$$\Phi\ [z] = (\sqrt{2\pi}\ )^{-1} \int_{-\infty}^{z} \exp\ (-\ u^2/2) du;$$

z – его аргумент,

$$z = (\ \bar{\tau}_{-1} - \bar{\tau}\ )/\ (\ s_0^2 + s^2\ )^{1/2}. \qquad (7)$$

Из таблиц по z выбираем R.

Формулу (7) принято называть уравнением связи. Подставляем (4) и (5) в (7) и получаем уравнение связи:

$$z = \frac{\left[\bar{\tau}_{-1} - (1 + (2/3)\beta^2)(16\pi^{-1}\overline{M}\bar{d}^{-3})\right]}{\sqrt{s_0^2 + (16\ \pi^{-1})^2 \left[(1+\beta^2)s_1^2 + \beta^2(1+(8/9)\beta^2)\overline{M}^2\right]\bar{d}^{-6}}}. \qquad (8)$$

Решая (8) относительно МО диаметра $\bar{d}$, получаем

$$b_1 \bar{d}^6 - b_2\ \bar{d}^3 + b_3 = 0. \qquad (9)$$

Коэффициенты b_1, b_2, b_3 определяем по формулам

$$b_1 = [\ \bar{\tau}_{-1} - \ (z\ \ s_0)^2]; \qquad (10)$$

$$b_2 = (1 + (2/3)\ \beta^2) \cdot 32\ \pi^{-1}\ \overline{M}\ \ \bar{\tau}_{-1}; \qquad (11)$$

$$b_3 = (16\ \pi^{-1})\{[(1 + (2/3)\ \beta^2\ \overline{M}\ ]^2 - z^2[(1 + \beta^2)\ s_1^2 + \beta^2(1 + (8/9)\ \beta^2\ \ \overline{M}^2\ \}. \qquad (12)$$

Выполним численную реализацию предложенного алгоритма. Требуется найти МО диаметра вновь проектируемой полуоси автолесовоза при заданной надежности R = 0,975, которой соответствует z = 1,96; исходные данные: $\overline{M}$ = 4,2 · 10^{-3} МН·м, s_1 = 0,42 · 10^{-3} МН·м; $\bar{\tau}_{-1}$ = 180 МПа, s_0 = 18 МПа; допуск β = 0,02. По формулам (10)–(12) вычисляем коэффициенты: b_1 = 31155, 3;, b_2 = 7,703; b_3 = 4,395 · 10^{-4}. Уравнение (9)

Стандартное отклонение	z	R	Стандартное отклонение	z	R
	s_0				
0,9	3,21	0,9993	5,46	1,76	0,9604
5,4	3,00	0,9986	6,30	1,63	0,9485
9,0	2,67	0,9965	7,14	1,52	0,9351
12,6	2,38	0,9913	7,98	1,41	0,9208
16,2	2,09	0,9816	8,82	1,32	0,9060
19,8	1,84	0,9673	10,08	1,19	0,8836
23,4	1,64	0,9491		β	
27,0	1,47	0,9287	0,010	1,98	0,9757
30,6	1,33	0,9074	0,015	1,97	0,9754
34,2	1,21	0,8861	0,020	1,96	0,9750
37,8	1,11	0,8655	0,025	1,95	0,9745
43,2	0,98	0,8366	0,035	1,93	0,9731
	$s_1 \cdot 10^4$		0,045	1,90	0,9711
0,21	2,44	0,9927	0,050	1,88	0,9701
1,26	2,38	0,9915	0,055	1,86	0,9688
2,10	2,29	0,9890	0,060	1,84	0,9674
2,94	2,17	0,9849	0,065	1,82	0,9658
3,78	2,03	0,9788	0,070	1,80	0,9642
4,62	1,89	0,9707	0,075	1,78	0,9623

сводится к биквадратному и дает два положительных корня для МО диаметра: $\bar{d}_1 = 54{,}05 \cdot 10^{-3}$ м, $\bar{d}_2 = 47{,}71 \cdot 10^{-3}$ м. Первый корень $\bar{d}_1$ обеспечивает заданную надежность $R = 0{,}975$, второй корень $\bar{d}_2$ приводит к вероятности отказа, равной 0,025.

При найденном $\bar{d}_1 = 54{,}05 \cdot 10^{-3}$ м по (8) находим z, а затем по (6) исследуем зависимость параметра надежности R от изменения СО: момента s_1 (МН · м), предела выносливости s_0 (МПа) и допуска β. Полученные на ПЭВМ данные представлены в таблице. Отсюда видно, что R наиболее чувствительна к изменчивости предела выносливости s_0 и эксплуатационного крутящего момента s_1, менее – к допуску β.

Данную методику применяли на заводе «Ухталесмаш» для расчета оптимального уровня надежности вновь проектируемых конструкций ЛМ по критерию минимальной металлоемкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1969. - 576 с.
[2]. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. - М.: Высш. шк., 1991. - 319 с.

Поступила 26 июня 1995 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

УДК 625:551.48

Е.А. МИХИНА

Архангельский государственный технический университет

Михина Елена Анатольевна родилась в 1973 г., окончила в 1995 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры промышленного транспорта АГТУ. Имеет 2 печатные работы в области сухопутного транспорта леса.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ДЛЯ БАССЕЙНА Р. ВАЕНЬГИ

Дана количественная оценка влияния снижения лесистости территории на изменение стока от строительства лесовозных дорог . Приведена методика определения площади, занятой дорогами, в зависимости от объема заготовки и вывозки древесины.

The qualitative assessment of the influence of woodiness reduction of the area on the outlet changing because of wood roads construction has been given. The methodic is presented for determining the area, covered with roads, depending on the harvesting volume and wood transportation.

Одна из экологических проблем нашего региона заключается в годовом колебании водности рек. В течение ряда последних лет систематически наблюдались высокие горизонты весеннего половодья и низкие меженные уровни. Эти отрицательные явления (как интуитивно, так и по материалам отдельных исследований) связываются с интенсивными вырубками лесов. Однако, как правило, рассматриваются лишь отдельные факторы, влияющие на характер стока, выводы же ряда авторов во многом противоречивы.

Кафедрой промышленного транспорта совместно с кафедрами водного транспорта леса и гидравлики, лесоводства и почвоведения АГТУ начаты комплексные исследования по проблеме стока северных рек. В настоящей статье приведены материалы по бассейну р.Ваеньги, притоку р. Сев. Двины, полученные на первом этапе исследования.

Методика работ предусматривала изучение изменений в лесном фонде в результате лесоэксплуатации, определение протяженности и густоты лесовозных дорог, оценку основных гидрометеорологических характеристик стока.

Установлено [1 – 4], что рубки леса, в том числе под дороги, влияют на многие составляющие водного баланса территорий и гидрологического режима водных систем.

В результате интенсивных и неравномерных лесозаготовок в 1960–1980 гг., а также связанного с ними строительства лесовозных дорог изменилась картина лесопокрытой площади. Это не могло не сказаться на объемах стоков в пределах водоразделов р. Сев. Двины и ее притоков.

Влияние густоты дорожной сети на сток в бассейне р. Ваеньги обусловлено уменьшением лесопокрытой площади и подпором насыпями воды при скатывании в русло. На данном этапе мы оценивали изменение стока под влиянием снижения лесистости территории, связанного со строительством лесовозных дорог.

В пределах бассейна р. Ваеньги построено 357,5 км дорог постоянного действия, включая магистрали и ветки (Усть-Ваеньгская, Воронцовская и Конецгорская) – табл.1. Они разрезают бассейн на отдельные территории, при этом насыпи во многом изменяют направление стока воды.

Площадь вырубки определяют по ширине полосы отвода (ширине вырубки трассы) и протяженности дороги. В процессе лесозаготовок сооружают густую сеть временных лесовозных дорог (усов), под них вырубают значительные площади лесов.

Протяженность сети временных дорог можно определить, исходя из объема вывозки с 1 км уса. Этот показатель зависит от запаса леса на 1 га и типа покрытия на усах. Чем капитальнее сооружается ус, тем больший объем древесины вывозится с 1 км.

Анализ, выполненный по 50 лесовозным дорогам в Архангельской области, позволил выявить структуру строящихся усов по типам покрытия, а также объем заготовки и вывозки древесины с 1 км уса. Так, по деревянно-лежневым дорогам и УЖД заготовляют и вывозят 8,50 тыс. м^3 с 1 км уса, по грунто-хворостяным на поперечном настиле – 6,94; по гравийным на хворостяной подушке и грунтовым – 3,75; по дорогам с инвентарным щитовым покрытием – 8,00; по зимним (снежным) – 5,77 тыс. м^3.

Таблица 1

Дорога	Тип дороги	Протяженность, км	
		магистралей	веток
Усть-Ваеньгская	УЖД	102,4	52,3
	Зимняя	61,7	19,5
Воронцовская	Лежневая	36	14,7
	Зимняя	36	62,2
Конецгорская	УЖД	81	71,1
	Зимняя	70	46,0
Итого	–	387,1	265,8

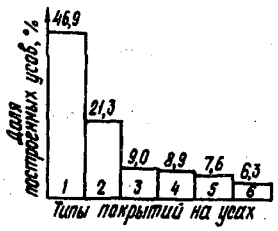


Рис. 1. Доля протяженности усов по типам покрытий: *1* – зимние; *2* – УЖД; *3* – деревянно-лежневые; *4* – грунтовые; *5* – на хворостяной подушке; *6* – с инвентарным покрытием

В среднем с 1 км летних усов заготовляют и вывозят 8,50 тыс. м^3 древесины, что при запасе 130 м^3 на 1 га соответствует расстоянию трелевки до 300 м. Это характерно для многих леспромхозов области. В зимний период с 1 км уса заготовляют 5,77 тыс. м^3, что объясняется большей протяженностью этих дорог при меньших затратах на их строительство. Протяженность зимних усов в 1,47 раза больше по сравнению с летними на один и тот же объем вывозки древесины (8,50 / 5,77 = 1,47). Тогда, при объеме зимней вывозки 60 % от годовой, распределение построенных усов в бассейне р. Ваеньги по типам покрытий можно представить диаграммой, изображенной на рис. 1.

Расчет протяженности построенных дорог на любой объем вывозки древесины можно определить, пользуясь диаграммой на рис. 1 и графиком на рис. 2.

Весь объем заготовленной за год древесины распределяют на доли, вывозимые по усам с различными типами покрытий (рис. 1). Далее по рис. 2, исходя из объемов для каждого типа покрытия, определяют протяженность дороги и площадь, занимаемую под строительство. Сумма площадей под разными типами покрытий дает общую площадь, занятую дорогами.

Известно, что в бассейне р. Ваеньги в 1990 г. было заготовлено 720 тыс. м^3 древесины. Имея данные о потребности в усах разных конструкций для заготовки этого количества древесины, легко подсчитать общую площадь, которая была занята под дороги (табл. 2). Это также необлесенная площадь, которая в отличие от площадей, оставленных от рубки, практически не зарастает лесом.

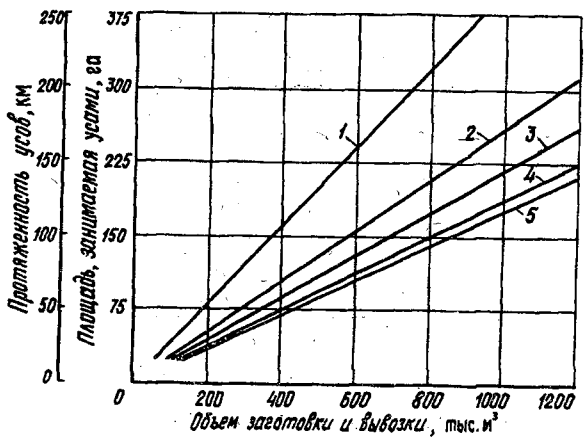


Рис. 2. График для определения площади, занимаемой усами: *1* – гравийные на хворостяной подушке, грунтовые; *2* – зимние; *3* – грунтово-хворостяные на поперечном настиле; *4* – с инвентарным покрытием; *5* – деревянно-лежневые, УЖД

Таблица 2

Тип дороги	Объем заготовленной и вывезенной древесины, тыс. $м^3$	Протяженность усов, км	Площадь, га
Зимние	337,7	58,5	87,75
УЖД	153,3	18,0	27,00
Деревянно-лежневые	64,8	7,7	11,55
Грунтовые	64,1	17,1	25,65
На хворостяной подушке	54,7	14,6	21,90
С инвентарным покрытием	45,4	5,7	8,55
Итого	720,0	121,6	182,40

С учетом площадей, занятых под дороги постоянного действия, общая площадь, обезлесенная в результате строительства лесовозных дорог в бассейне р. Ваеньги, составила 1255 га.

Методика использована при определении техногенных площадей лесоэксплуатации и выявлении их влияния на гидрологический режим бассейна р. Ваеньги. Кроме того, на данном этапе исследований можно сделать вывод, что изменение стока в бассейне р. Ваеньги зависит от существующей практики прокладки лесовозных дорог, при которой магистрали и ветки с их водоотводными сооружениями изменяют направление стока воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Будыка С.Х. О влиянии леса на водный режим рек // Сб. науч. тр. / Ин-т леса АН БССР. - Минск, 1956. - Вып. 7. - С. 45 - 56. [2]. Водорегулирующая роль таежных лесов / М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин, Ю.Н. Салмина и др. - М.: Агропромиздат, 1990. - 223 с. [3]. Воронков Н.А. Влияние леса на сток и климат // Лесн. хоз-во. - 1976. - № 8. - С. 13 - 16. [4]. Изменение составляющих водного баланса под влиянием рубок и лесовосстановления / В.А. Аникеева, Н.И. Кубрак, В.С. Корняк, В.А. Мельник // Матер. отчет. сес. по итогам НИР за 1983 г. - Архангельск, 1984. - С. 44 - 45.

Поступила 7 октября 1996 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093.26

В.Е. ВОСКРЕСЕНСКИЙ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Воскресенский Владимир Евгеньевич родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теории механизмов, деталей машин и подъемно-транспортных устройств С.-Петербургской лесотехнической академии, академик МАНЕБ. Имеет около 120 печатных работ в области исследования и разработки новых технологий и нестандартного оборудования в фанерной и деревообрабатывающей промышленности.

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ОТДЕЛЕНИЯ ЛУБА ОТ БЕРЕСТЫ

Обоснованы оптимальные режимы отделения луба от бересты фрезерованием в отходах окорки фанерного сырья; представлена матрица планирования эксперимента и результаты ее реализации; получено уравнение регрессии в виде математико-статистической квадратичной модели, которая представлена в натуральных переменных.

The optimum modes of bast and bark separation are substantiated in the process of milling of barking wastes of veneer raw material. The matrix of experiment planning and the results of its realization are presented. The regression equation is developed in a form of mathematical-and-statistical quadratic model, presented in natural variables.

В технологической схеме разделения отходов окорки березового фанерного сырья на луб и бересту важное место отводится качеству отделения луба от бересты методом фрезерования [3]. За критерий качества была принята массовая доля луба $Л_{н1}$ в виде неотделившегося от бересты слоя [2]:

$$Л_{н1} = \frac{100}{\dfrac{M_w^б(100+W_а^л)}{M_w^л(100+W_а^б)}+1} \le [Л_{н1}],$$

где $M_w^б$, $M_w^л$ – масса бересты и неотделившегося слоя луба при естественной влажности, г;

$W_а^б$, $W_а^л$ – абсолютная влажность бересты и луба, %;

$[Л_{н1}] = 1{,}5$ – допускаемая для первого сорта бересты массовая доля луба в виде неотделившегося от бересты слоя на этапе фрезерования, %.

В настоящей статье решается задача разработки оптимального режима отделения луба от бересты методом фрезерования, позволяющего получить минимальное значение критерия качества.

Оптимизацию проводили с применением математической теории планирования эксперимента по методу Бокса–Уилсона [1]. Варьируемые факторы: x_1 – отношение линейной скорости подающего ротора к линейной скорости фрезерующего ротора v_2/v_1; x_2 – отношение рабочего зазора между вершинами ножей отделяющих роторов к толщине бересты $\Delta p / S_б$; x_3 – линейная скорость подающего ротора v_2, м/с.

Все остальные факторы зафиксированы на уровнях, обусловленных технологическими и экономическими соображениями. Рабочая фракция коры (РФК), полученная из отходов окорки березового фанерного сырья, имела размеры 50×20×10 мм. Толщина бересты $S_б$ = 2 мм, абсолютная влажность бересты $W_а^б$ = 39 % и луба $W_а^л$ = 100 %. Луб отделяли от бересты на экспериментальной установке, в которой ножи-зубья фрезерующего колеса имели следующие характеристики: передний угол $\gamma = -30°$, угол заточки $\beta = 30°$, шаг расположения t = 10 мм , сквозные просветы между собой. Рабочая поверхность подающего колеса выполнена в виде чередующихся прямоугольных выступов (ширина 3 мм) и впадин (ширина 5 мм и глубина 1 мм), расположенных параллельно оси колеса.

Условия проведения эксперимента представлены в табл. 1. Каждый эксперимент повторяли три раза.

Для представленного плана ротатабельного композиционного планирования 2-го порядка уравнение регрессии принято в виде

$$\hat{Y}_1 = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + \\ + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2, \qquad (1)$$

где $\hat{Y}_1$ – значения оптимизирующего параметра;

X_1, X_2, X_3 – условные обозначения факторов.

Полная матрица планирования эксперимента и результаты ее реализации приведены в табл. 2.

Таблица 1

Уровни α	Варьируемые факторы		
	x_1	x_2	x_3
-1,682	0,086	0,33	0,407
-1	0,12	0,5	0,55
0	0,17	0,75	0,76
+1	0,22	1,0	0,97
+1,682	0,254	1,17	1,113

По критерию Кохрена G была проведена проверка однородности дисперсий опытов:

$$G_{\text{расч}} = \frac{\max S_i^2}{\sum_{i=1}^{N} S_i^2},$$

где S_i^2 – дисперсии по каждой серии дублированных опытов,

Таблица 2

Порядковый номер опыта	X_1	X_2	X_3	$\overline{Y}_1$	$\hat{Y}_1$	$П$, %
1	–1	–1	–1	1,82	1,873	2,91
2	+1	–1	–1	3,20	3,257	1,78
3	-1	+1	–1	2,45	2,521	2,89
4	+1	+1	–1	3,80	3,873	1,92
5	–1	–1	+1	1,50	1,547	3,13
6	+1	–1	+1	2,95	3,003	1,79
7	–1	+1	+1	2,10	2,163	3,00
8	+1	+1	+1	3,52	3,587	1,90
9	-1,682	0	0	1,73	1,645	–4,91
10	+1,682	0	0	4,10	4,009	–2,22
11	0	–1,682	0	2,22	2,155	–2,93
12	0	+1,682	0	3,30	3,191	–3,30
13	0	0	–1,682	3,05	2,956	–3,08
14	0	0	+1,682	2,52	2,442	–3,09
15	0	0	0	2,80	2,826	0,93
16	0	0	0	2,85	2,826	–0,84
17	0	0	0	2,75	2,826	2,76
18	0	0	0	2,90	2,826	–2,55
19	0	0	0	2,78	2,826	1,65
20	0	0	0	2,87	2,826	–1,52

Примечание. $\overline{Y}_1$ – среднее значение параметра по трем экспериментам; $\overline{Y}_1$ – значение параметра, полученное из математической модели (1); $П$ – процент отклонения модельных значений $\hat{Y}_1$ от экспериментальных $\overline{Y}_1$.

$$S_i^2 = \frac{1}{f}\sum_{u=1}^{n}\left(Y_{iu} - \overline{Y}_i\right)^2 = \frac{\left[\sum_{n=1}^{3}(Y_{iu} - Y_i)^2\right]}{2};$$

f – число степеней свободы каждого опыта, $f = n - 1 = 2$;

Y_{iu} – значение отклика в u-м дублированном опыте i-й серии, $u = 1, 2, 3$; $i = 1, 2, 3, ..., 20$;

N – число опытов, $N = 20$;

$\max S_i^2 = S_7^2 = S_{10}^2 = 0{,}0325$.

При подстановке получаем

$$G_{расч} = \frac{0{,}0325}{0{,}3354} = 0{,}097.$$

Из распределения Кохрена [1] (для $p = 0{,}05$, $n = 20$, $f = n - 1 = 2$, где p – 5 %-й уровень значимости, n – число опытов) находим $G_{табл}$:

$$G_{1-p}(f, n) = G_{0,95}(2, 20) = 0{,}2705.$$

Полученное соотношение $G_{расч} < G_{табл}$ позволяет принять гипотезу об однородности дисперсий опытов.

Коэффициенты уравнения регрессии определяли по следующим формулам:

$$b_0 = a_1\sum_{i=1}^{N}\overline{Y}_i - a_2\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{N}x_{ji}^2\overline{Y}_i;$$

$$b_j = a_3\sum_{i=1}^{N}x_{ji}\overline{Y}_i; \quad j = 1, 2, \ldots, k;$$

$$b_{jl} = a_4\sum_{i=1}^{N}\left(x_{ji}x_{li}\right)\overline{Y}_i; \quad j, l = 1, 2, \ldots, k;$$

$$b_{jj} = a_5\sum_{i=1}^{N}x_{ji}^2\overline{Y}_i + a_6\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{N}x_{ji}^2\overline{Y}_i - a_7\sum_{i=1}^{N}\overline{Y}_i,$$

где N – общее число экспериментов, $N = 20$;

$k = 3$ – число факторов;

i – номер эксперимента;

j – номер фактора.

Коэффициенты $a_1 = 0{,}1663$, $a_2 = 0{,}0568$, $a_3 = 0{,}0732$, $a_4 = 0{,}1250$, $a_5 = 0{,}0625$, $a_6 = 0{,}0069$, $a_7 = 0{,}0568$. Число экспериментов в центре плана $n_0 = 6$.

Коэффициенты $b_0 = 2{,}826$, $b_1 = 0{,}702$, $b_2 = 0{,}308$, $b_3 = -0{,}153$, $b_{12} = -0{,}008$, $b_{23} = -0{,}008$, $b_{13} = 0{,}018$, $b_{11} = 0{,}001$, $b_{22} = -0{,}054$, $b_{33} = -0{,}045$.

Значимость коэффициентов уравнения регрессии определяли с помощью критерия Стьюдента $t_p(f)$ (где p – уровень значимости, $p = 0{,}05$, $f = n_0 - 1 = 5$ – число степеней свободы). В данном случае табличное

значение критерия Стьюдента $t_{0,05}$ (5)= 2,57 [1]. Расчетные значения критерия Стьюдента определяли по формулам

$$t_0 = \frac{b_0}{S^2(b_0)}; \quad t_j = \frac{b_j}{S^2(b_j)}; \quad t_{jl} = \frac{b_{jl}}{S^2(b_{jl})}; \quad t_{jj} = \frac{b_{jj}}{S^2(b_{jj})},$$

где $S^2(b_0)$, $S^2(b_j)$, $S^2(b_{jl})$, $S^2(b_{jj})$ – дисперсии соответствующих коэффициентов уравнения регрессии,

$$S^2(b_0) = a_1 S_Y^2; \; S^2(b_j) = a_3 S_Y^2; \; S^2(b_{jl}) = a_4 S_Y^2; \; S^2(b_{jj}) = (a_5 + a_6) S_Y^2.$$

Дисперсия экспериментов

$$S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} S_{i(Y)}^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left(\overline{Y}_i - \hat{Y}_i\right)^2}{N} = \frac{0{,}0929}{20} = 0{,}0046.$$

Дисперсия коэффициентов $S^2(b_0)$ = 0,0008, $S^2(b_j)$ = 0,0003, $S^2(b_{jl})$ = = 0,0006, $S^2(b_{jj})$= 0,0003. Расчетные значения критерия Стьюдента t_{b0} = 3532,5, t_{b1} = 2340, t_{b2}= 1026,6, t_{b3}= 510, t_{b12} = t_{b23} = 13,3, t_{b13} = 30, t_{b11} = 3,33, t_{b22} = 180, t_{b33} = 150.

Сравнивая расчетные значения критерия Стьюдента с табличным ($t_{0,05}$(5) = 2,57), получаем все коэффициенты значимыми. Уравнение регрессии принимает вид

$$\hat{Y}_1 = 2{,}826 + 0{,}702\,X_1 + 0{,}308X_2 - 0{,}520X_3 - 0{,}008\,(X_1X_2 + X_2X_3) + \\ + 0{,}018\,X_1X_3 + 0{,}001\,X_1^2 - 0{,}054\,X_2^2 - 0{,}045\,X_3^2. \qquad (1a)$$

Наибольшее отклонение модельных значений $\hat{Y}_1$ от экспериментальных (табл. 2) наблюдается в 9-м эксперименте и равно 4,91 %.

Далее определяем остаточную дисперсию экспериментов:

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} S_i^2(Y)}{f_{\text{ост}}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left(\overline{Y}_i - \hat{Y}_i\right)^2}{N - B} = \frac{0{,}0929}{20 - 10} = 0{,}0093,$$

где $f_{\text{ост}}$ = 10 – число степеней свободы остаточной дисперсии;

B = 10 – число значимых коэффициентов уравнения регрессии.

Дисперсию воспроизводимости определяли по опытам в центре плана [1]. В качестве расчетной принята выборка, состоящая из 6 экспериментов, взятых из 18 дублей в центре плана:

$$S_{\text{воспр}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^{n_0} S_u^2(Y)}{f_{\text{воспр}}} = \frac{\sum_{u=1}^{n_0} \left(Y_u^0 - \overline{Y}_u^2\right)^2}{n_0 - 1} = \frac{0{,}0696}{6 - 1} = 0{,}0139,$$

где $f_{\text{воспр}}$ – число степеней свободы дисперсии воспроизводимости, $f_{\text{воспр}}$ = 5;

$\overline{Y}_u^0$ – среднее значение параметра, определяемого по n_0-м параллельным опытам в центре плана,

$$\overline{Y}_u^0 = \frac{\sum_{u=1}^{n_0} Y_u^0}{n_0} = \frac{17{,}38}{6} = 2{,}89;$$

Y_u^0 – u-е значение параметра, $u = 1, 2, 3, ..., n_0$, $n_0 = 6$;
$Y_1^0 = 2{,}8$; $Y_2^0 = 2{,}78$; $Y_3^0 = 2{,}9$; $Y_4^0 = 3{,}1$; $Y_5^0 = 2{,}95$; $Y_6^0 = 2{,}85$.

Проверку адекватности уравнения регрессии (1) производили по критерию Фишера. При этом табличное значение критерия Фишера

$$F_{1-p} = (f_{ад}, f_{восп}) = F_{0,95}(5,5) = 5{,}05,$$

где $f_{ад}$ – число степеней свободы дисперсии адекватности ($p = 0{,}05$ – 5 %-й уровень значимости), $f_{ад} = f_{ост} - f_{воспр} = 10 - 5 = 5$.

Дисперсия адекватности

$$S_{ад}^2 = \frac{S_{ост}^2 f_{ост} - S_{воспр}^2 f_{воспр}}{f_{ад}} = \frac{0{,}0093 \cdot 10 - 0{,}0139 \cdot 5}{5} = 0{,}0047.$$

Расчетное значение критерия Фишера определяли из выражения

$$F_{расч} = \frac{S_{ад}^2}{S_{воспр}^2} = \frac{0{,}0047}{0{,}0139} = 0{,}338 < 5{,}05.$$

Так как $F_{расч} < F_{1-p}(f_{ад}, f_{воспр})$, то уравнение (1) адекватно описывает исследуемый процесс.

Как известно [1], метод крутого восхождения по поверхности отклика Бокса–Уилсона основан на свойствах градиента скалярной функции

$$\nabla^T f(x) = \left\langle \frac{\partial f}{\partial x_1}; \frac{\partial f}{\partial x_2}; \cdots; \frac{\partial f}{\partial x_n} \right\rangle. \qquad (2)$$

Градиент скалярной функции всегда ортогонален линии уровня, проходящей через данную точку, и направлен в сторону наискорейшего подъема (спуска).

Алгоритм этого метода заключается в отыскании градиента функции отклика в центре плана. Затем рассчитывают шаги по всем факторам из центра плана в направлении крутого восхождения и проводят серию экспериментов с центром в точке, соответствующей движению к оптимуму. Далее процедура повторяется до достижения экстремума.

Согласно метода Бокса–Уилсона принимаем условие одинаковой скорости движения по всем факторам, которое дает следующую зависимость между шагами по факторам:

$$\frac{h_1}{b_1 \Delta x_1} = \frac{h_2}{b_2 \Delta x_{21}} = \cdots = \frac{h_n}{b_n \Delta x_n} = \gamma, \qquad (3)$$

где h_j – шаг движения для j-го фактора;

Δx_j – интервал варьирования j-го фактора.

При этом задаются значением $h_б$ для одного из факторов, называемого базовым:

$$\gamma = \frac{h_б}{b_б \Delta x_б}, \qquad (4)$$

где $b_б$ и $\Delta x_б$ – коэффициент уравнения регрессии и интервал варьирования для базового фактора.

Для нашего случая выберем в качестве базового фактор x_1. Обычно $h_б < \Delta x_б$. Пусть $h_б = 0{,}01$. Тогда

$$\gamma = \frac{0{,}01}{0{,}702 \cdot 0{,}05} = 0{,}285.$$

Варьируемые факторы для экспериментов рассчитывают по следующим формулам:

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= x_{01} - \gamma\, b_1 \Delta x_1, \\ x_2 &= x_{02} - \gamma\, b_2 \Delta x_2, \\ x_3 &= x_{03} - \gamma\, b_3 \Delta x_3. \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Для дальнейших расчетов необходимо определить коэффициенты уравнения регрессии в натуральных переменных. Тогда уравнение (1) примет вид

$$\hat{Y}_1 = 2{,}826 + 0{,}702\left(\frac{x_1 - x_{01}}{\Delta x_1}\right) + 0{,}308\left(\frac{x_2 - x_{02}}{\Delta x_2}\right) - 0{,}153\left(\frac{x_3 - x_{03}}{\Delta x_3}\right) -$$
$$- 0{,}008\left(\frac{x_1 - x_{01}}{\Delta x_1}\right)\left(\frac{x_2 - x_{02}}{\Delta x_2}\right) - 0{,}008\left(\frac{x_2 - x_{02}}{\Delta x_2}\right)\left(\frac{x_3 - x_{03}}{\Delta x_3}\right) +$$
$$+ 0{,}018\left(\frac{x_1 - x_{01}}{\Delta x_1}\right)\left(\frac{x_3 - x_{03}}{\Delta x_3}\right) + 0{,}001\left(\frac{x_1 - x_{01}}{\Delta x_1}\right)^2 - 0{,}054\left(\frac{x_2 - x_{02}}{\Delta x_2}\right)^2 -$$
$$+ 0{,}045\left(\frac{x_3 - x_{03}}{\Delta x_3}\right)^2. \qquad (6)$$

После подстановки из табл. 1 в уравнение (6) значений $x_{01} = 0{,}17$, $x_{02} = 0{,}75$, $x_{03} = 0{,}76$, $\Delta x_1 = 0{,}05$, $\Delta x_2 = 0{,}25$ и $\Delta x_3 = 0{,}21$ окончательное уравнение регрессии в натуральных переменных будет иметь вид

$$\hat{Y}_1 = -0{,}778 + 12{,}122x_1 + 2{,}535x_2 + 0{,}645x_3 + 0{,}64x_1x_2 -$$
$$- 0{,}152x_2x_3 + 1{,}714x_1x_3 + 0{,}4x_1^2 - 0{,}864x_2^2 - 1{,}02x_3^2. \qquad (7)$$

На основании данных табл.1 и уравнения регрессии (1) получены исходные характеристики для расчета шагов движения (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика	Значение характеристики в центре плана	Диапазон варьирования	Шаг варьирования	Коэффициенты b_j уравнения (1)
x_1	0,17	0,254...0,086	0,05	0,702
x_2	0,75	1,17...0,33	0,25	0,308
x_3	0,76	1,13...0,407	0,21	0,153

Шаги движения для двух остальных факторов без учета знака рассчитывают по следующим формулам:

$$h_2 = \gamma\,\Delta x_2 b_2 = 0{,}285 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}308 = 0{,}0219 \approx 0{,}025;$$
$$h_3 = \gamma\,\Delta x_3 b_3 = 0{,}285 \cdot 0{,}21 \cdot 0{,}153 = 0{,}00916 \approx 0{,}01. \qquad (8)$$

Для определения знака шагов движения h_i по факторам вычислен градиент функции отклика $\Delta Y(x_j)$ для переменных факторов. Градиенты для факторов x_1, x_2 имеют положительный знак, для фактора x_3 – отрицательный. Следовательно, для отыскания $Y_{1\min}$ необходимо двигаться по факторам x_j от их основного значения в центре плана в противоградиентом направлении, т. е. с противоположным по знаку шагом h_i (h_1 = –0,01, h_2 = – 0,025, h_3 = 0,01).

Далее необходимо ввести ограничения на факторы

$$\Omega: \begin{bmatrix} 0{,}08 \le x_1 \le 0{,}25 \\ 0{,}325 \le x_2 \le 1{,}175 \\ 0{,}40 \le x_3 \le 1{,}15 \end{bmatrix}. \qquad (9)$$

Из-за невозможности реализации фактора x_1 с шагом h_1 в этих точках проводили мысленный эксперимент и после каждого шага рассчитывали отклик по уравнению (7). В области ограничений (9) и с шагами движения h_1 = –0,01, h_2 = –0,025 и h_3 = 0,01 параметр $\hat{Y}_{1\min}$ = 0,437 % при переменных факторах x_1 = 0,08, x_2 = 0,325 и x_3 = 1,15.

При пропускании через постоянный рабочий зазор РФК с разной толщиной бересты ($S_б$ = 1,0 ... 2,0 мм, получаемой с чураков диаметром D = 160 ... 320 мм, и $S_б$ = 2,0 ... 4,0 мм, получаемой с чураков D = 320... 550 мм [3]) необходимо оптимальное значение $\Delta p/S_б$ = 0,325 назначать для наиболее толстой бересты в каждой группе толщин, т. е. $\Delta p_1/2 = \Delta p_2/4 =$ = 0,325. Оптимальный рабочий зазор Δp для первой группы толщин бересты составляет 0,65 мм, для второй –1,30 мм.

Для минимальной толщины бересты в любой группе толщин соотношение $\Delta p/S_б$ = 0,65/1,0 = 0,65. Параметр $\hat{Y}_1$ для x_2 = 0,65, x_1 = 0,08 и x_3 = 1,15 м/с по уравнению (7) равен 0,947 %.

Среднее оптимальное значение для каждой группы толщин бересты $\overline{Y}_1 = \overline{Л}_{н1}$ = 0,5 (0,437 + 0,947) = 0,692 %.

Оптимальное значение $\overline{Л}_{н1}$ = 0,692 % для бересты различных толщин соответствует высокому качеству отделения луба от бересты, так как много меньше его допускаемого значения [$Л_{н1}$] = 1,5 %, соответствующего первому сорту бересты на этапе фрезерования. При этом обеспечивается запас на производственные условия по качеству отделения:

$$n_{з(ПУ)} = [Л_{н1}]/\ \overline{Л}_{н1} = 1{,}5/0{,}692 = 2{,}17.$$

Под производственными условиями понимаются затупление ножей, неточность установки рабочего зазора и его увеличение за счет износа но-

жей, увеличение разнотолщинности бересты, сбои в работе ориентирующего устройства.

При работе в производственных условиях допускаемое значение массовой доли неотделившегося от бересты луба на этапе фрезерования луба определяется из следующего условия:

$$[\overline{Л}_{н1}] = \frac{[Л_н]_\Sigma - [Л_{н2}]n_{з(НУ)}}{n_{з(НУ)}} = \frac{3 - 1{,}0 \cdot 1{,}2}{1{,}2} = 1{,}5\ \%,$$

где $[Л_н]_\Sigma = 3\%$ – допускаемая величина массовой доли луба в бересте 1-го сорта;

$[Л_{н2}] = 1{,}0\ \%$ – допускаемая величина массовой доли луба, неотделившегося от бересты в пневмосепараторе;

$n_{з(НУ)} = 1{,}2$ – коэффициент запаса по критерию качества бересты на неуточненные условия (увеличение влажности луба, находящегося в бересте, в процессе хранения на производстве и транспортирования ее к пункту сдачи в летнее время и т. п.).

Выводы

1. Математико-статистическая модель (1) для массовой доли луба, неотделившегося от бересты, дает хорошее приближение к данным, полученным экспериментальным путем (табл. 2), и адекватно описывает исследуемый процесс.

2. В результате минимизации массовой доли неотделившегося от бересты луба определены экстремум ($Y_{1min} = 0{,}437\ \%$) и условия его получения ($x_1 = 0{,}08$, $x_2 = 0{,}325$, $x_3 = 1{,}15$).

3. Оптимальный режим отделения луба от бересты в измельченных отходах окорки березового фанерного сырья: $v_2/v_1 = 0{,}08$, $\Delta p/S_б = 0{,}325$ и $v_2 = 1{,}15$ м/с.

4. Для получения показателя $\overline{Л}_{н1} = 0{,}692\ \%$ необходимо установить следующий рабочий зазор Δp между роторами: 0,65 мм – для первой группы толщин бересты $S_б = 1{,}0 \ldots 2{,}0$ мм; 1,3 мм – для второй группы толщин бересты $S_б = 2{,}0 \ldots 4{,}0$ мм.

5. Оптимальное значение $\overline{Л}_{н1} = 0{,}692\ \%$ для бересты различных толщин соответствует высокому качеству отделения луба от бересты, так как значительно меньше его допускаемого значения $[Л_{н1}] = 1{,}5\ \%$, соответствующего первому сорту бересты на этапе фрезерования луба.

6. Оптимальный режим отделения луба от бересты обеспечивает большой запас на производственные условия по качеству отделения, т. е. $n_{з(ПУ)} = [Л_{н1}]/\overline{Л}_{н1} = 2{,}17$. Поэтому необходимо проводить дополнительную оптимизацию режимов отделения луба от бересты и параметров отделяющих роторов по критерию стоимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Ахназарова Ф.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. - М.: Высш. шк., 1978. - 350 с. [2]. Воскресенский В.Е. Критерии качества бересты в технологической системе разделения отходов окорки фанерного сырья на компоненты с учетом влажности материалов // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: ЛТА, 1987. - 120 с. [3]. Воскресенский В.Е. Технологическая система разделения отходов окорки березового фанерного сырья на луб и бересту // Вестник СПб ЛТА. - 1996. - Вып. 4 (162). - С. 106 - 115.

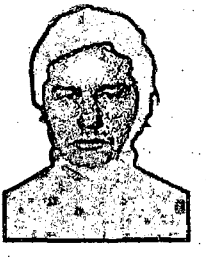
Поступила 16 мая 1996 г.

УДК 674.815/817:674.049.3

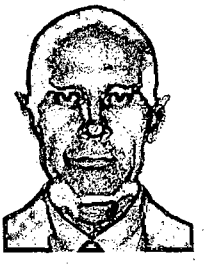
Н.Е. НИКОЛАЕВ, В.П. СТРЕЛКОВ

АО «ВНИИДРЕВ»

Николаев Николай Егорович родился в 1936 г., окончил в 1958 г. Казанский химико-технологический институт, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ВНИИДРЕВ. Имеет около 100 печатных трудов в области химической переработки древесины и органического синтеза.



Стрелков Виталий Петрович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, заместитель директора ВНИИДРЕВ по научной работе. Имеет 124 печатных труда в области технологии и оборудования для производства древесных плит и прессованных изделий.



ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТРУДНОГОРЮЧИЕ ДРЕВЕСНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ ПЛИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Разработаны древеснокомпозиционные экологически чистые плитные материалы для судостроения в огнезащищенном исполнении и технология их производства. Показано, что они

относятся к классу трудногорючих материалов, медленно распространяющих пламя по поверхности и не выделяющих вредных веществ в окружающую среду.

Fireproof wood-compositional ecologically pure plate materials and their production technology have been elaborated for shipbuilding. It is demonstrated that these materials refer to the ones that are hard to light up, slowly propagating the flame on the surface without polluting the environment with harmful substances.

Насыщенность сооружений и строительной техники полимерными конструкционно-отделочными материалами создает высокую горючую нагрузку и приводит в случае загорания к интенсивному развитию пожара, разрушению конструкционных элементов, выделению с дымом большого количества высокотоксичных веществ. Доля древесных и полимерных материалов, применяемых в судо- и вагоностроении, составляет более 130 кг/м^2, что приводит к распространению пламени по всей длине конструкции в течение нескольких минут и делает практически невозможным эвакуацию пассажиров. Это обусловливает острую необходимость применения на объектах строительства и в строительной технике древесных материалов в огнезащитном исполнении взамен ныне применяемых столярных, древесноволокнистых и древесностружечных плит.

Нами с 1995 г. в рамках ГНТП «Комплексное использование и воспроизводство древесного сырья» проводятся работы по созданию трудногорючих многофункциональных древеснокомпозиционных плитных материалов, в том числе и для судостроения, и технологии их производства.

Эти исследования предусматривают использование неорганических материалов полимерного происхождения – металлофосфатов (МФАС), являющихся одновременно связующими и антипиренами [6, 7, 10]. В процессе изучения установлено, что эффективность огнезащиты древесных плит в случае применения МФАС обеспечивается способностью этих соединений модифицировать макромолекулу древесины за счет химического взаимодействия с лигноуглеводным комплексом [5].

При производстве трудноргорючих плит в качестве МФАС могут быть применены алюмохромфосфатное связующее, алюмоборфосфатный концентрат или полифосфаты аммония, которые выпускаются отечественной промышленностью [13–15].

Химическая активность МФАС связана с присутствием в их составе активных катионов (Al^{3+}, Cr^{3+}, B^{3+}) и анионов (PO_4^{3-}) и характеризуется протеканием двух параллельных процессов – отверждения фосфатов по типу реакций поликонденсации и химического взаимодействия их с лигноуглеводным комплексом древесины при горячем прессовании плит [5].

Введение в пресскомпозицию металлофосфатов, модифицированных органическими основаниями с амидной связью, до 20 % от массы су-

хого древесного наполнителя обеспечивает без упрочняющих добавок сочетание высоких прочностных свойств с надежной огнезащитой.

Так, показатель предела прочности при статическом изгибе для древесноволокнистых плит средней плотности толщиной 16 мм составляет 25 ... 35 МПа, разбухание за 24 ч – 5 ... 10 %. В случае получения древесностружечных плит для достижения указанных прочностных показателей требуется введение в состав пресскомпозиции синтетических смол. В качестве последних предпочтительней использовать фенолформальдегидную смолу марки СФЖ-3014 [2].

Пожарно-техничесие свойства плит на первом этапе оценивали по коэффициенту горючести K (калориметрическим методом или методом K [1,4]), индексу распространения пламени I (методом радиационной панели [9]) и потере массы Δm (методом огневой трубы [1]).

Установлено, что коэффициент горючести, характеризующий отношение количества теплоты, выделенной образцом в процессе горения, к количеству теплоты от источника зажигания, во всех случаях меньше 0,5, потеря массы при этом составляет от 1,5 до 8,6 %. Индекс I, характеризующий способность материала к распространению пламени и позволяющий наиболее объективно оценивать его поведение на начальной стадии пожара, находится в области 2,0 ... 12,5.

В связи с введением новых требований ИМО по огнезащите и токсичности к материалам для судостроения испытания новых материалов были продолжены в направлении изучения показателей поверхностной воспламеняемости (критического теплового потока затухания CFE, теплоты устойчивого горения Q_{SB}, общего количества выделенной теплоты q_p, максимальной интенсивности тепловыделения Q_t, коэффициента дымообразующей способности $D^m_{\max}$ [9]).

На основании Единых методических указаний по санитарно-химическим исследованиям материалов, предназначенных для использования на объектах ВМФ, были определены качественный и количественный состав продуктов газовыделений из образцов ДКП-С (в том числе формальдегида, аммиака, кремнеорганических соединений, оксида углерода, окисляемых органических соединений, цианистого водорода, фосфорсодержащих соединений в виде фосфорного и хромового ангидридов), а также показатель токсичности продуктов горения H_{CL} 50.

Пожарно-технические испытания опытной партии ДКП-С проведены Всероссийским научно-исследовательским институтом противопожарной обороны и его филиалом (г. С-Петербург), санитарно-химические и токсикологические – Центральным конструкторским бюро Министерства торговли «Рубин» (г. С.-Петербург), Всероссийским научно-исследовательским институтом железнодорожной гигиены (г. Москва) и Калужской областной санитарно-эпидемиологической станцией совместно с АО «ВНИИДРЕВ».

Проведенные исследования показали, что огнезащитные свойства образцов опытной партии ДКП-С по показателям поверхностной

Таблица 1

Результаты испытания плит толщиной 18 мм на горючесть

Показатель	Численные значения показателя	
	Эксперимент	Международный стандарт
Температура дымовых газов, °С	213,0	> 235,0
Продолжительность самостоятельного горения образца, с	23,3	> 30,0
Степень повреждения образца, %:		
по длине	84,0	> 85,0
по массе	15,0	> 80,0

воспламеняемости, дымообразующей способности удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемым к материалам для судостроения, а по группе горючести относятся к трудногорючим материалам, медленно распространяющим пламя по поверхности [3, 8, 9, 11]. Эффективность огнезащиты древеснокомпозиционных материалов предложенным способом подтверждена при их испытании в жестких условиях огневой шахты в соответствии с Международным стандартом [12] (табл. 1).

Как видно из результатов санитарно-химических испытаний, в воздухе камер, где были помещены образцы, при 2-кратном воздухообмене, температуре 20 и 40 °С и насыщенности 2 $м^2/м^3$ формальдегид, фосфорный и хромовый ангидриды отсутствуют, а углеводороды, аммиак, кремнийорганика, цианистый водород и окисляемые присутствуют в концентрациях, не превышающих ПДК.

Результаты санитарно-химических испытаний подтверждены токсикологическими испытаниями на животных (крысах) при нормальных условиях. Во время эксперимента (110 сут.) различий в поведении опытных животных, содержащихся в камерах, изготовленных из нового материала, и контрольных животных, содержащихся в виварии, не наблюдалось, что оценивали по состоянию центральной нервной системы, реакциям организма, функциям почек, печени и т.д.

Токсичность продуктов горения плит оценивали по содержанию оксида углерода, цианистого водорода, аммиака, оксидов азота, фосфорного и хромового ангидридов в пробах, отобранных при сжигании навески материала в специальной установке через определенные промежутки времени с начала сжигания. Установлено, что основным веществом, которое выделяется в наибольшем количестве при температурах 600 и 900 °С, является оксид углерода. При температуре 300 °С концентрация СО не превышает 2,2 $мг/м^3$ и не представляет опасности. Характерно, что при сгорании одинаковых навесок сосновой древесины и исследуемой плиты выделяется одинаковое количество оксида углерода. Однако из древесины практически весь СО выделяется в первые 10 мин горения, в то время как его выделение из плиты возрастает лишь через 15 ... 20 мин после начала горения. Это

чрезвычайно важно, так как, чтобы не погибнуть, человек должен покинуть зону пожара в первые 8 ...12 мин с момента загорания.

Такие продукты горения, как HCN, NO_2, P_2O_5, Cr_2O_3, при температуре 300 °С не обнаружены, они появляются при 600 и 900 °С в концентрациях, находящихся на уровне ПДК.

Показатель токсичности продуктов горения материала ДКП-С (оцениваемый величиной максимального количества материала, продукты горения которого вызывают гибель 50 % животных при экспозиции в течение 30 мин в камере горения) выше по сравнению с материалами, традиционно применяемыми в судостроении. В табл. 2 приведены значения показателя H_{CL} 50 для ДКП-С и традиционных материалов, применяемых в судостроении.

Таблица 2

Сравнение ДКП-С и традиционных материалов по показателю опасности продуктов горения

Материал	$H_{CL}50$
Декоративный бумажно-слоистый пластик	0,070
Полиуретаны	0,085
Поливинилхлоридные пластики	0,085
Пленочные материалы на основе ПВХ	0,270
Сосновая древесина	0,541
ДКП-С	0,583

По данным результатов исследований физико-механических, пожарно-технических, санитарно-химических и токсикологических свойств древеснокомпозиционных плитных материалов на фосфатных связующих, разработанных АО «ВНИИДРЕВ», сделано заключение, что они могут быть допущены для изготовления судовой мебели и межкаютных переборок в помещениях гражданских судов. Кроме того, плиты могут быть применены в общественном, жилищном и промышленном строительстве в виде конструкционных и декоративно-отделочных панелей для стен и перегородок, подвесных потолков, полов, встроенной мебели и т.д. Возможен вариант освоения этой технологии на одном из заводов по производству ДСП на линии СП-25, оснащенной транспортными поддонами, при условии реконструкции участков подготовки связующих и сушки стружки.

Технологический процесс и оборудование производства древеснокомпозиционных плит на основе металлофосфатных связующих защищены рядом патентов РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. ГОСТ 17088 – 71. Пластмассы. Методы определения горючести. - М.: Госстандарт, 1971. [2]. ГОСТ 20907 – 75. Смолы фенолформальдегидные жидкие. - М.: Госстандарт, 1975. [3]. ГОСТ 12.1.077.80. Пожаровзрывоопасность нефтепро-

дуктов и химических продуктов. - М.: Госстандарт, 1980. [4]. Инструкция 16-79. Инструкция по определению горючести твердых веществ и материалов. - М: ВНИИПО, 1980. - 35 с. [5]. Исследование взаимодействия древесного волокна с огнезащитным составом на основе алюмохромфосфатного связующего /Н.Е. Николаев, В.Ю.Мирецкий, В.В. Фефилов, В.А.Сутягин // Лесн. журн. - 1979. - № 3. - С. 62 - 65.- (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Копейкин В.А., Петрова А.П., Рашкован И.А. Материалы на основе металлофосфатов. -М.: Химия, 1976. - 199 с. [7]. Леонович А.А. Теория и практика изготовления огнезащищенных древесных плит. -Л.: ЛГУ, 1978. - 175 с. [8]. Методические указания на определение вредных веществ в воздухе. - Вып. I-XVII. - 1982. [9]. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. - М: Химия, 1979. - 422 с. [10]. Николаев Н.Е., Мирецкий В.Ю. Огнезащищенные древесные плиты // Обзор информации по информационному обеспечению целевых комплексных научно-технических программ.- М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985. - Вып.1. - 48 с. [11]. РД5.УЕИА 2921 – 91. Токсиколого-гигиенический контроль полимерных материалов, внедряемых в судостроении. - 1991. [12]. СТ СЭВ 2437 – 80. Возгораемость строительных материалов. Метод определения группы трудносгораемых материалов. - Бухарест: Изд-во стандартов, 1980. [13]. ТУ 6-18-166 – 83. Связующее алюмохромфосфатное. - 1988. [14]. ТУ 113-08-606 – 87. Концентрат алюмоборфосфатный. - 1987. [15]. ТУ 4931-062-109-64-029 – 96. Полифосфаты аммония.- 1996.

Поступила 17 июля 1996 г.

УДК 674.8:621.926.

А.А. ВЕСЕЛОВ

Центральный научно-исследовательский институт фанеры

Веселов Анатолий Александрович родился в 1939 г., окончил в 1963 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, заведующий НИО специализированных производств Центрального научно-исследовательского института фанеры. Имеет более 120 научных трудов в области переработки и использования вторичного древесного сырья.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ОТХОДОВ

Изложена методика оптимизации и приведены примеры ее применения для расчета рационального состава щепы как смеси из двух и трех исходных разновидностей, отличающихся содержанием кондиционной фракции и засоренностью корой, гнилью и примесями.

The optimization technique is presented and examples of its use are given for calculating the rational chips composition as a mixture out of two and tree initial varieties, distinguished by the conditional fraction composition and contamination with bark, decay and additives.

Лесной комплекс страны располагает большим числом предприятий, важнейшей стадией производства которых является изготовление из древесных отходов самых разнообразных по назначению частиц: технологической щепы, стружки для древесных плит, специальных частиц для пресс-масс, арболита и др. При работе этих предприятий в новых условиях все более острой становится проблема вовлечения в переработку всей гаммы имеющихся древесных отходов, включая и такие, которые ранее для этого не находили применения: кусковые – обрезки пиломатериалов, плит, фанеры, шпона и др.; мягкие – опилки, станочная стружка, отсев щепы и др. При этом особую актуальность приобретает задача оптимизации состава готовых древесных частиц различных исходных отходов.

Для решения проблемы использования отходов предприятия, как правило, исходят из стремления либо сэкономить наиболее дорогостоящие или дефицитные их разновидности, направив для использования на другие более важные нужды (изготовление основной продукции, ТНП и др.), либо, наоборот, в максимальной степени использовать при формировании той или иной смеси древесных частиц наиболее дешевые или имеющиеся в избытке разновидности отходов. При этом многие предприятия вместо ожидаемого выигрыша весьма часто сталкиваются с убытками, связанными со снижением качества получаемой смеси готовых частиц.

В статье рассмотрена задача оптимизации состава смеси древесных частиц. Ее можно решить, если использовать требование минимизации удельной себестоимости производства готовой смеси частиц заданного качества:

$$C_{\text{у}} = \sum_{j=1}^{n} c_j m_j \to \min, \qquad (1)$$

где c_j – себестоимость производства j-й разновидности исходных древесных частиц, отнесенная к единице их массы;

m_j – массовая доля j-й разновидности частиц в общей готовой смеси, доли единицы.

При этом необходимо, чтобы основной показатель качества смеси готовых древесных частиц, представляющих собой, как правило, нормативное содержание в частицах заданной (кондиционной) фракции [1], не выходил за допускаемые пределы, т. е.

$$q_{\text{c}}^{\min} \le \sum_{j=1}^{n} q_j m_j \le q_{\text{c}}^{\max}, \qquad (2)$$

где q_c и q_j – содержание заданной (кондиционной) фракции частиц соответственно в готовой смеси и в j-й их разновиности, %.

Кроме того, в качестве условия, ограничивающего выбор состава готовой смеси частиц, должны быть учтены балансовые требования – неотрицательность массовых долей исходных разновидностей частиц и равенство единице суммы этих долей в смеси:

$$m_j \geq 0 \text{ и } \sum_{j=1}^{n} m_j = 1 . \qquad (3)$$

Следует подчеркнуть также, что во всех расчетах показатели q_j и c_j предполагаются известными. Величина первого из них легко устанавливается с помощью любого из ситоанализаторов (АЛГ-М, 7I-ГР, 0-29М и др.), предусмотренных для этого согласно действующей нормативно-технической документации [1]. Второй показатель, носящий условный характер, устанавливается либо исходя из цен или затрат, либо, например, как величина, пропорциональная уровню использования тех или иных отходов, который всегда известен, отражая спрос на последние и их дефицитность в отрасли или на конкретном предприятии. При этом для наиболее дорогостоящей и широко используемой разновидности отходов этот показатель можно принять за единицу, а все остальные – как доли единицы.

Если в том или ином производстве смесь готовых древесных частиц формируется только из двух исходных разновидностей, то поставленная задача решается сравнительно просто. Допуская, что доля любой разновидности исходных частиц в формировании показателя q_c для готовой смеси пропорциональна его значению в данной разновидности, а также в ее массовой доле, можно записать, что

$$q_c = q_1 m_1 + q_2 m_2 . \qquad (4)$$

Исходя из того, что в такой смеси, согласно требованиям (2) и (3), $m_1 + m_2 = 1$, $q_1 < q_2$ и $c_1 > c_2$, задача оптимизации m_1 сводится к решению уравнения

$$m_1 = \left(q_c^{\min} - q_2\right) / \left(q_1 - q_2\right), \qquad (5)$$

а задача минимизации себестоимости смеси – уравнения

$$C_y^{\min} = \left(c_1 - c_2\right) m_1 + c_2 . \qquad (6)$$

Эффективность такой методики уже подтверждена имеющимся опытом [1]. Более сложно решить поставленную задачу тогда, когда готовую смесь древесных частиц формируют из трех ее исходных разновидностей. Однако ее решение упрощается тем, что подобные, хотя и отличные по своей сущности задачи, давно и успешно реализуются в других отраслях промышленности. Для этого, как показал анализ, нашли применение три основных метода: упрощенный или рекуррентный [6],

симлекс-решетчатого планирования [4, 5] и линейного программирования [3, 6].

Первый из этих методов заключается в расчете оптимальных значений показателя m_j при условии, что известны его ориентировочные интервалы возможных значений в смеси. Тогда при указанных выше обозначениях получим:

$$\overline{m}_j = \begin{cases} m_j^{\max}, \text{ если } M_j \le 1 - m_j^{\max}; \\ 1 - M_j, \text{ если } M_j > 1 - m_j^{\max}, \end{cases} \tag{7}$$

где

$$M_j = \sum_{i=1}^{j-1} m_i^{\min} + \sum_{i=j+1}^{n} m_i, \; j = \overline{1, n}. \tag{8}$$

Как видно из этих формул, такое решение задачи не в полной мере соответствует целевой функции (1), не учитывает качества древесных частиц согластно требованию (2) и не дает количественной оценки достигаемого выигрыша от использования малоценного или избыточного вторичного сырья.

Второй метод, основанный на результатах многофакторного эксперимента, позволяет получить для расчетов уравнение в виде полинома, например, второй степени:

$$\overline{q}_c = b_1 m_1 + b_2 m_2 + b_3 m_3 + b_{12} m_1 m_2 + b_{13} m_1 m_3 + b_{23} m_2 m_3, \tag{9}$$

где

$$\left.\begin{aligned} &b_1 = q_1; b_2 = q_2; b_3 = q_3; b_{12} = 4q_{12} - 2q_1 - 2q_2; \\ &b_{13} = 4q_{13} - 2q_1 - 2q_3; b_{23} = 4q_{23} - 2q_2 - 2q_3. \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

Из уравнения (9) видно, что этот метод, также как и первый, не соответствует целевой функции (1), не отвечает на вопрос о выигрыше от оптимизации готовой смеси и, кроме того, весьма трудоемок, что ограничивает его применение в условиях производства.

Третий метод наиболее прост и перспективен, так как отвечает всем трем указанным выше требованиям поставленной задачи. Последнюю с учетом принятых выше обозначений можно сформулировать для исследуемых условий в следующем виде:

$$C_y^{\min} = \sum_{j=1}^{3} c_j m_j \left| \begin{aligned} &q_i^{\min} \le q_i \le q_i^{\max}; \; i = \overline{1,3}; \\ &q_i = \sum_{j=1}^{3} q_{ij} m_j; \; j = \overline{1,3}. \end{aligned} \right\} \tag{11}$$

Пусть, например, на фанерном производстве при изготовлении щепы марки ПС (ГОСТ 15815 – 91) в дополнение к уже имеющемуся участку переработки карандашей и отрезков сырья на базе дисковой рубительной машины МРН (поток I) решено организовать переработку еще 4-5 разновидностей отходов [2]: в потоке II – шпона-рванины и обрезков сырого шпона на базе новой барабанной рубительной машины ДШ-5, в

Щепа	Массовая доля остатков щепы, %			Засоренность щепы, %			Относительная себестоимость щепы, доли единицы
	на ситах с отверстиями, мм		на поддоне	гнилью	корой	примесями	
	30	20, 10 и 5					
По ГОСТ 15815 – 91	≤ 5	≥ 85	≤ 10	≤ 5,0	≤ 15,0	≤ 0,5	-
В потоках:							
I	2,3	92,1	5,6	14,0	-	-	1,00
II	6,1	83,7	10,2	-	27,0	-	0,72
III	5,7	81,9	12,4	-	-	2,0	0,39
I +II	4,6	86,8	8,6	5,1	17,0	-	0,82
I +II+ III	4,8	85,9	9,3	4,2	13,5	0,4	0,74

потоке III – обрезков фанеры, сухого шпона и др. на базе новой роторной дробилки ДРН-I.

Вследствие специфических особенностей указанных отходов и применяемых для них машин качество исходной щепы и ее себестоимость с учетом уровня использования таких отходов [1] оказались различными (см. таблицу).

Если теперь в строки таблицы с первой по четвертую ввести обоначения (во второй графе – $q_1^{\min}$, $q_1^{\max}$, q_{11}, q_{12} и q_{13}, в третьей – $q_2^{\min}$, $q_2^{\max}$, q_{21}, q_{22} и т. д., в последней - c_1, c_2, c_3), принять условие $m_1 = 1 - m_2 - m_3$ и тем самым понизить размерность поставленной задачи, то она вместо выражения (11) может быть сведена к более простой задаче линейного программирования, решаемой относительно только m_2 и m_3:

$$C_y^{\min} = c_1 + \bar{c}_2 m_2 + \bar{c}_3 m_3 \left| \begin{array}{l} \bar{q}_1^{\min} \le \bar{q}_{12} m_2 + \bar{q}_{13} m_3 \le \bar{q}_1^{\max}; \\ \bar{q}_2^{\min} \le \bar{q}_{22} m_2 + \bar{q}_{23} m_3 \le \bar{q}_2^{\max}; \\ \bar{q}_3^{\min} \le \bar{q}_{32} m_2 + \bar{q}_{33} m_3 \le \bar{q}_3^{\max}, \end{array} \right\} \quad (12)$$

где $$m_2 + m_3 \le 1;\ j = 1,\ 2;\ i = 1,\ 2,\ 3;\ \bar{c}_j = c_j - c_1; \quad (13)$$

$$\bar{q}_i^{\min} = q_i^{\min} - q_{i1};\ \bar{q}_i^{\max} = q_i^{\max} - q_{i1};\ \bar{q}_{ij}^{\min} = q_{ij} - q_{i1}. \quad (14)$$

Исходя из данных таблицы и формул (12) – (14), условие минимизации целевой функции в этом случае примет вид

$$C_y^{\min} = 1 - 0{,}28 m_2 - 0{,}61 m_3. \quad (15)$$

Допустимая область вариации массовых долей исходных разновидностей m_2 и m_3 в готовой смеси щепы выражается шестью неравенствами, из которых наилучшее решение соответствует точке пересечения прямых, представленных уравнениями

$$\left. \begin{array}{l} 3{,}8 m_2 + 3{,}4 m_3 = 2{,}3; \\ 4{,}6 m_2 + 8{,}8 m_3 = 3{,}6. \end{array} \right\} \quad (16)$$

Следовательно, показатели m_1, m_2 и m_3 можно принять приближенно равными соответственно 0,3; 0,5 и 0,2.

Из сравнения вариантов производства готовой щепы, приведенных в таблице, можно отметить, что наилучшим вариантом решения задачи переработки отходов фанерного производства в щепу марки ПС является использование трехпоточной технологической схемы. Для нее готовая щепа как смесь не только отвечает всем требованием стандарта, включая требования к ее засоренности, но и имеет значительно меньшую себестоимость. При этом, что особенно важно, достигается вовлечение в переработку дополнительно более четырех разновидностей отходов, увеличение на этой основе объемов производства щепы примерно в 3 раза и появление возможности частичного или полного отказа от таких операций, предусмотренных действующими технологиями [1], как выколка гнили из отходов, окорка сырья и очистка щепы от инородных примесей.

Исследования подтвердили, что приведенную методику оптимизации состава древесных частиц можно не менее эффективно использовать в условиях переработки многих других отходов лесного комплекса и производства из них не только различных марок щепы, но и других частиц как полуфабрикатов, формируемых в виде смесей из различных исходных разновидностей. При этом в ряде случаев открывается перспектива комплексного использования отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Веселов А.А. Использование древесных отходов фанерного и спичечного производства. - М.: Лесн. пром-сть, 1987. - 160 с. [2]. Веселов А.А. Комплекс новых технологий и нового оборудования для производства из древесных отходов различных частиц целевого назначения // Тез.докл.науч.-техн.конф.НТО Лесбумдревпрома. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1993. - С. 13 - 14. [3]. Дрейфус М., Ганглоф К. Практика программирования. - М.: Наука, 1986. - 224 с. [4]. Ланге О. Оптимальные решения. - М.: Прогресс, 1977. - 285 с. [5]. Управление химико-технологическими процессами приготовления многокомпонентных смесей / Я.Е. Гельфанд, С.К. Дороганич, М.Л. Комова, Л.М. Яковис. - Л.: Наука, 1988. - 288 с. [6]. Яковис Л.М. Многокомпонентные смеси для строительства.- Л.: Стройиздат, 1988. - 296 с.

Поступила 5 февраля 1996 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

УДК 630* 844.4

И. МЮЛЛЕР

Германия

ОПЫТЫ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОТ ПОСИНЕНИЯ

Представлены результаты опытов по подавлению влияния грибов синевы грибами-антагонистами.

Results of the experiments are presented on suppressing the influence of blueing fungi by fungi-antagonists.

Введение

Посинение – это сине-черно-серая окраска древесины, вызываемая коричневыми от меланина [18] грибковыми нитями. Изменяющие окраску древесины грибы не вызывают в ней сколько-нибудь значительного снижения содержания целлюлозы (а поэтому и статической прочности), но из-за дефектов в окраске ее рыночная стоимость значительно уменьшается.

По принятым в Германии нормам (4704, ч. 1, «Классификация хвойных пород по их устойчивости нагрузкам. Хвойные пиломатериалы») посинение допускается во всех товарных классах. Древесину с посинением используют при строительстве складских помещений или в сельском хозяйстве, изредка ее применяют для декоративных целей. Для окон и внутренней отделки ее почти не используют. Особенно в том случае, когда при нанесении лазури участки с посинением и без него из-за различного поглощения пигментов имеют разные цветовые оттенки. Несмотря на многочисленные попытки уменьшить посинение древесины хвойных и лиственных пород через улучшение условий ее хранения, перевозки и переработки, а также с помощью средств химической защиты, эта проблема остается пока нерешенной.

В некоторых странах для предотвращения посинения древесину обрабатывают водным раствором пентахлорфенолята натрия методом погружения или опрыскивания [13]. Из-за опасности для здоровья людей применение этих средств, а также импорт обработанной ими древесины с 1989 г. в Германии запрещены.

Во избежание заселения древесины грибами лесозаготовительные предприятия стараются заготовить ее в холодное время года или быстро

распилить и высушить. Можно уменьшить посинение, связанное с появлением короеда, если ствол окорить и быстро высушить его наружный слой.

В настоящее время предложено [17] использовать в качестве биологической защиты древесины от грибных болезней антагонистов в виде грибов или бактерий. Исследования в этом направлении проведены еще в 1934 г. Р. Вайндлингом [16].

В скандинавских странах и Великобритании уже давно используют гриб *Флебиопсис гигантеа* для защиты леса от возбудителя красной гнили *Гетеробазидион анносум*. Для этого поперечные срезы сосны покрывают водной суспензией антагониста, чтобы предотвратить их заселение из воздуха спорами этого гриба [12]. Однако многочисленные лабораторные и полевые испытания до сих пор не дали возможности выделить вещества для защиты от грибов складированной или уже используемой древесины на основе грибов-антагонистов и бактерий или продуктов их обмена [1, 2, 5 – 10, 13 – 15].

Нами предложено в качестве антагониста использовать вещество Картапип 97 фирмы «Клэриэнт корпорейшн» (бывшей «Сандоз хемикэлз»). Его применяют при производстве целлюлозы [4, 11] для уменьшения содержания смол в щепе. Вещество Картапип 97 имеет вид хлопьев из высушенных вымораживанием конидиоспор бесцветного грибкового штамма *Офиостомы пилиферум*, который в своей природной форме быстро заселяет кругляк, пиловочник и щепу. Применение его уже изучено для биологической защиты против посинения поперечных срезов кругляка (*Пинус ресиноза*) и щепы (*Пинус таэда*) [3].

Лабораторные опыты и их результаты

Влияние гриба *Офиостомы пилиферум* на окрашивающие грибы нами исследовано в лабораторных условиях [13].

Суспензию спор готовили на водопроводной воде или в 2 %-м растворе солода. Из нее выращивали грибницу до стадии проклевывания. В результате быстрого перемешивания питательной среды ростки образовывали шарики.

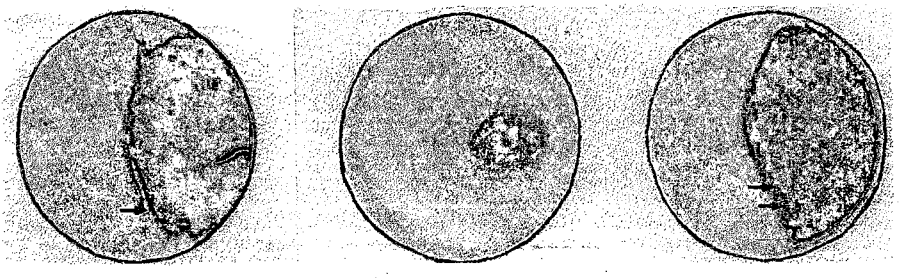
Для определения защитных возможностей *Офиостомы пилиферум* были выбраны вызывающие посинение грибы, которые поселяются на кругляке, пиловочнике и уже использованной древесине. Кроме того, было испытано несколько представителей других окрашивающих (прежде всего хвойную древесину) групп грибов, часть из которых приведена в таблице.

Чтобы установить возможное сдерживающее воздействие *Офиостомы пилиферум* на рост гриба-вредителя, на 2 %-м солодовом агаре в течение месяца выращивали двойные (рис. 1) культуры *Офиостомы пилиферум* и окрашивающего гриба.

Вид окрашивающего гриба	Код	Взаимовлияние *Офиостомы пилиферум* и окрашивающих грибов на разных средах	
		Агар	Древесина
Грибы посинения			
Ауреобазидиум пуллуланс	П 268	1	2
Кладоспориум гербарум	Сп 44	–	2
Дискула пиникола	П 397	2	2
Офиостома минор	ЦБС 404.77	1	2
Офиостома пилиферум	ДСФ 484	2	2
Фиалофора фастигиата	Бааран 5. 85	1	2
Фома эксигуа	АТЦЦ 44740	2	2
Сидовиа полиспора	С 231	1	2
Цератоцистис пицеае	–	1	2
Цератоцистис коэрулесценс	–	1	–
Плесневые грибы			
Аспергиллус нигер	К 58	1	2
Триходерма вириде	ДСМ 1963	1	–
Краснополосные грибы			
Стереум сангуинолентум	Мюнхен	2	2
Трихаптум абиетинум	ЦБС 375-68	2	–
Плеснево-гнилостные грибы			
Хаетомиум глобосум	ЦЗ АТЦЦ 44753	2	2
Паециломицес вариотии	АТЦЦ 44741	1	2
Грибы коричневой гнили			
Антродиа ваиллантии	ФПРЛ 14	1	3
Кониофора путеана	Ебв. 15	1	2
Глоеофиллум абиетинум	Ебв. 68	2	3
Глоеофиллум сепиариум	Мюнхен	2	–
Глоеофиллум трабеум	Ебв. 109	1	3
Лентинус лепидеус	Ебв. 20	1	3
Серпула лакриманс	БАМ 133	–	3
Тиромицес плацента	ФПРЛ 280	3	3

Примечание. 1 – *Офиостома пилиферум* тормозит рост окрашивающего гриба и покрывает его собой; 2 – *Офиостома пилиферум* тормозит рост гриба; 3 – окрашивающий гриб подавляет и покрывает собой *Офиостому пилиферум*.

В опытах использовали образцы из заболони сосны *Пинус сильвестрис* осенней рубки с размерами 5 × 2,5 × 0,5 см (в касательном, продольном, радиальном направлениях). Они были изготовлены через несколько дней после рубки и стерилизованы в автоклавах. Культуру грибов выращивали в



а *б* *в*

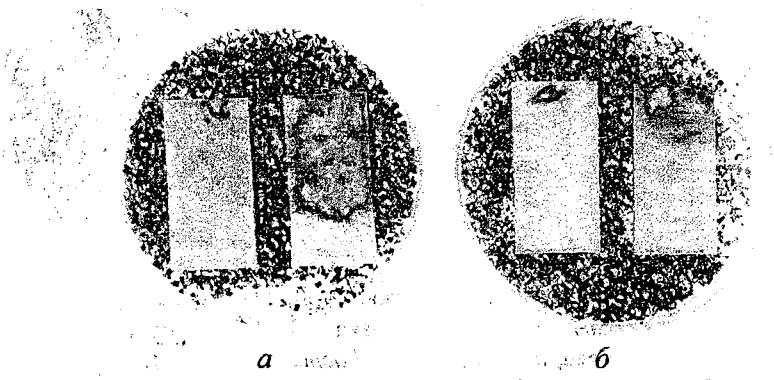
Рис. 1. Двойные культуры на агаре (слева – бесцветный штамм *Офиостомы пилиферум,* справа – гриб посинения): *а – Дискула пиникола, б – Фиалофора фастигиата, в – Ауреобазидиум пуллуланс* (одна стрелка – незаросшая зона торможения между колониями грибов; две стрелки – *Офистома пилиферум* покрывает собой грибницу *Ауреобазидиум пуллуланс* темного цвета)

чашках Петри со стерилизованным вермикулитом, который как носитель влаги был насыщен водопроводной водой. В каждую чашку наряду с грибом-вредителем высевали *Офиостому пилиферум.* Контрольную чашку *Офиостомой пилиферум* не обрабатывали. Грибы высевали либо насыщением образца суспензией спор под вакуумом в дезинфицированном спиртом эксикаторе, либо клали на него инфицированные щепки. Грибы-вредители наносили при помощи поросших грибницей злаковых зерен. За образцами наблюдали в течение полугода.

Двойные культуры на агаре (продукт Картапип 97 на основе *Офиостомы пилиферум* и окрашивающий гриб) показали их различное взаимодействие (см. таблицу). Рост грибницы вредителя тормозился в тех случаях, когда *Офиостома пилиферум* и гриб-вредитель росли навстречу друг другу, образуя либо свободную зону торможения, либо соприкасаясь. Такое торможение роста наблюдалось у трех возбудителей посинения, у обоих краснополосных грибов, у грибов коричневой гнили (*Глеофиллум абиетинум, Глеофиллум сепиариум*) и у плеснево-гнилостного гриба *Хаетомиум глобосум.* На рис. 1, *а, б* в качестве примера показаны двойные культуры *Офиостомы пилиферум* с *Дискула пиникола* и *Фиалофора фастигиата.*

В другом варианте, когда обе грибницы также растут навстречу друг другу, но при более длительном культивировании, второй гриб покрывает собою *Офиостому пилиферум* (*Цератоцистис пицеае*). Частично это наблюдалось у плесневых грибов и плесневе-гнилостного гриба *Паециломицес вариотии,* в полной степени – у грибов коричневой гнили *Антродиа ваиллантии, Кониофора путеана, Глоеофиллум трабеум* и *Тиромицес плацента.*

Ярко выраженное торможение роста вредителей с помощью *Офиостомы пилиферум* отмечено, когда он врастал в зону грибницы гриба-вредителя (например шесть случаев из десяти у грибов посинения в таблице и на рис. 1, *в*).



а *б*

Рис. 2. Сдерживающее влияние *Офиостомы пилиферум* на рост грибов посинения *Фома эксигуа* (*а*) и *Ауреобазидиум пуллуланс* (*б*) и изменение ими окраски древесины (в каждой чашке справа расположены в различной степени подвергшиеся посинению образцы, слева – обработанные *Офиостомой пилиферум*; в верхней части образцов находится инфицированное грибом посинения злаковое зерно)

Офиостома пилиферум сдерживал рост у значительной части грибов посинения, а следовательно, препятствовал изменению окраски древесины. На рис. 2 в качестве примера показаны снижение посинения у *Фома эксигуа* и полная защита у *Ауреобазидиум пуллуланс*. Образцы слева перед заражением грибом посинения были инфицированы суспензией *Офиостома пилиферум*, справа – только возбудителем посинения. *Офиостома пилиферум* сдерживал рост плесневого гриба *Аспергиллус нигер*, гриба *Стереум сангуинолентум* и обоих плеснево-гнилостных грибов.

Производственные испытания

Для проведения производственных испытаний навеску продукта Картапип 97 (1 г) растворяли в 20 л воды (0,005 %-й раствор). Затем на лесопильном заводе боковые доски, выпиленные из свежесрубленных сосен, опрыскивали с обеих сторон с помощью распылителя этим раствором (100 мл на 1 м^3 досок). Доски имели различную ширину при длине 2 м и толщине 2,5 см.

После обработки раствором их укладывали в штабель под деревянным навесом на расстоянии 50 см от пола. В штабеле слои досок отделяли новыми прокладками толщиной 1,5 см. Из штабеля высотой 1 м и шириной 1 м было убрано несколько досок для размещения датчиков температуры и влажности. С торцов эти отверстия были закрыты, чтобы исключить большую циркуляцию воздуха в штабеле.

Рядом из таких же досок, но без предварительной их обработки, был сооружен штабель таких же размеров.

Внешний осмотр штабелей в первые три недели проводили дважды, а затем раз в неделю. В первые три недели в штабеле зафиксирована температура 3 ... 10 °С (в 4-й день было 14 °С). Относительная влажность возду-

ха составляла 95 ... 100 %. В это время невооруженным глазом нельзя было на поверхности досок обнаружить рост грибницы. На 4-й неделе в штабеле температура поднималась до 10 ... 20 °С, а две ночи она опускалась до 16 °С. Через несколько дней после повышения температуры на обработанных досках отчетливо был виден рост грибницы, на отдельных наружных досках в местах последних годовых колец отмечен рост плесневых грибов. На необработанных досках наблюдался рост грибов посинения и плесневых грибов.

Через три месяца после окончания опыта доски обстругали. На предварительно обработанных (Картапип 97) досках отмечено очень незначительное изменение окраски глубоко лежащих слоев древесины, в основном вокруг сучьев. Доски из необработанного штабеля имели явное посинение от разросшихся грибов. Вероятно, из-за низких температур в начале опыта посинению подверглась не вся заболонь. После того, как поверхность досок слегка обсохла, условия для роста грибов посинения ухудшились, что и ослабило дальнейший рост грибницы.

В качестве следующего объекта исследования был использован сосновый свеженарезанный штакетник. Поскольку этот штакетник имел высокую влажность, его пропитывали под давлением в специальной установке. Чтобы приблизительно определить влияние противогрибковой обработки древесины Картапипом 97 на высыхание и пропитываемость, штакетник взвешивали до его пропитки под давлением по истечении 6-недельной сушки и после пропитки деревозащитным составом. В ходе эксперимента выявлена почти одинаковая высыхаемость обработанных (сокращение веса с 13,81 до 10,06 кг, число измерений n = 55) и необработанных (с 14,2 до 10,39 кг, n = 40) штакетин.

Расчеты показали, что 1 м^3 древесины, обработанной под давлением Картапип 97, впитывает в среднем 271,67 кг раствора, а необработанной – 251,92 кг, т.е. обработанные пробы впитывают на 8 % больше. Однако большие отклонения в техническом регламенте первичной сушки древесины и в процессе поглощения раствора при пропитке не позволяют сделать определенных выводов, тем более, что влажность древесины при проведении опытов не учитывалась. В этом направлении требуется проведение дополнительных исследований.

В опыте со штакетником при приблизительно одинаковом количестве нанесенного вещества рост грибов протекал как и в первом опыте. Необработанные образцы подвергались значительно большему посинению. На обработанных Картапип 97 образцах оно появилось только у сучьев, которые раньше частично были поражены грибами посинения. Обработанный штакетник после его пропитки под давлением был немного светлее необработанного, что можно объяснить наличием на поверхности древесины окрашенного слоя грибницы.

Выводы

Препарат Картапип 97 был разработан для выведения из щепы хвойной древесины смолы, препятствующей получению целлюлозы. С его

помощью удалось улучшить свойства целлюлозы и повысить ее выход. Это можно отнести на счет того, что Картапип 97 противодействует грибам, разрушающим древесину. Разложение смол и снижение посинения щепы приводит в свою очередь к снижению расхода варочного раствора. Очевидно, Картапип 97 препятствует посинению пиломатериалов из сосны. При этом влияние гриба на пропитываемость древесины и обработку ее поверхности лазурью и лаками необходимо исследовать дополнительно. Выявление поражения древесины у сучьев позволяет сделать вывод, что обработку следует производить по возможности раньше, так как она может быть уже заселена спорами грибов, вызывающих изменение окраски, и Картапип 97 не воспрепятствует этому. Предварительная обработка поперечных разрезов дерева и мест обрубки сучьев уже в лесу могла бы предотвратить заселение их спорами грибов-вредителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Benko R. Biological control of blue stain on wood with Pseudomonas cepacia 6253. Loboratory and field tests. IRG/WP/1380. - 1989. - P.6. [2]. Bernier R., Desrochers M., Jurasek L. Antagonistic effect between *Bacillus subtilis* and wood staining fungi //J. Inst. Wood Sci. - 1986. - 10. - P. 214-216. [3]. Blanchette R.A., Behrendt C.J., Farrell R.A. Biological protection of sapstain for the forest products industry //Tappi Proc. - 1994. - P. 77-80. [4]. Brush T.S., Farrell R.A., Ho C. Biodegradation of wood extractives from southern yellow pine by *Ophiostoma piliferum* //Tappi J. - 1994. - 77. - P. 155-159. [5]. Croan S.C., Highley T.L. Controlling the sapstain fungus *Ceratocystis coerulescens* by metabolites obtained from *Bjerkandera adusta* and *Talaromyces flavus* //IRG/ WP/93 - 100024. - 1993. - P. 15. [6]. Evaluation of *Bacillus subtilis* C 186 as a potential biological control of sapstain and mould on unseasoned lumber / K.A. Seifert, W.E. Hamilton, C. Breuil, M. Best // Can. J. Microbiol. - 1987. - 33. - P. 1102-1107. [7]. Florence E.J.M., Sharma J.K. Botryodiplodia theobromae associated with blue staining in commercially important timbers of Kerala and its possible biological control // Material Organismen. - 1990. - 25. - P. 193-199. [8]. Graf E. Biologischer Holzschutz – Möglichkeiten und Grenzen. - Holzschutztagung: DGFH, 1992. - S. 21-32. [9]. Kreber B., Morrell J.J. Ability of selected bacterial and fungal bioprotectants to limit fungal stain in *Ponderosa pine* sapwood // Wood Fiber Sci. - 1993. - 25. - P. 23-34. [10]. Potential for biological protection against blue stain in *Populus tremuloides* with a hyphomycetous fungus, *Stachybotrys cylindrospora* / Y. Hiratsuka, P. Chakravarty, S. Miao, W.A. Ayer // Can. J. For. Res. - 1994. - 24. - P. 174-179. [11]. Reduction of resin content in wood chips during experimental biological pulping processes / K. Fischer, M. Akhtar, R.A. Blanchette et al. // Holzforschung. - 1994. - 48. - P. 285-290. [12]. Rishbeth J. Stump protection against *Fomes annosus*. III. Inoculation with *Peniophora gigantea* // Ann. Appl. Biol. - 1963. - 52. - P. 63-77. [13]. Schmidt O. Holz- und Baumpilze. - Springer: Berlin, 1994. - 246 s. [14]. Stranks D.W. Scytalidin, hyalodendrin, cryptospiosin – antibiotics for prevention of blue stain in white pine sap-wood // Wood Sci. - 1976. - 9. - P. 110-112. [15]. Walchli O. Möglichkeiten einer biologischen Bekämpfung von Insekten und Pilzen im Holzschutz // Holz-Zentralblatt. - 1982. - 108(136). - S. 1946, 1948. [16]. Weindling R. Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of Trichoderma lignorum on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi // Phytopathol.

- 1934. - 24. - P. 1153-1179. [17]. Willeitner H. Was bedeuten naturlicher, biologischer und alternativer Holzschutz? // Holz-Zentralblatt. - 1984. - 110(46). - S. 698, 699. [18]. Zink P., Fengel D. Studies on the coloring matter of blue-stain fungi// Holzforschung. - 1989. - 43. - P. 371-374.

Поступила 21 марта 1996 г.

УДК 630*812

В.В. ЕРМИЛОВ

Череповецкий государственный индустриальный институт

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЛЕСОМАТЕРИАЛАХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИХ МЕТОДОМ ФОРМОВАНИЯ

С целью обоснования параметров процесса получения профильной лесопродукции из древесины сосны методом термомеханического уплотнения проведены исследования на экспериментальной установке. Получены регрессионные зависимости релаксационных напряжений от температуры термообработки, степени уплотнения, концентрации карбамида в пропитывающем растворе, а также показан характер затухания этих напряжений.

To substantiate the parameters of obtaining shaped pine lumber by thermomechanical comprassion the investigations on an experimental plant have been carried out. The regression sunctions of relaxation stresses and heat treatment temperature, compression degree, carbamide concentration in impregnating solution have been derived as well as the character of those stresses damping revealed.

При уплотнении древесины любым из известных способов происходит деформация клеток, которую можно рассматривать как деформацию упруго-вязкого материала. Общая относительная деформация уплотнения

$$\varepsilon = \varepsilon_у + \varepsilon_п, \qquad (1)$$

где $\varepsilon_у$ – упругая (относительная) деформация;

$\varepsilon_п$ – пластическая (остаточная) деформация.

В целях обоснования способа изготовления профильной лесопродукции заданной степени уплотнения (величина остаточной деформации) из тонкомерных круглых лесоматериалов древесины сосны нами выполнены экспериментальные исследования по следующей схеме.

Образцы влажностью 45...50%, заданного диаметра и длиной 200 мм предварительно пропитывали в центробежном поле (диаметр центрифуги – 2320 мм, частота вращения – 550 об/мин) многокомпонентным составом на основе карбамида, разработанным на кафедре химии древесины С.-Петербургской лесотехнической академии. Диаметр лесоматериалов определяли исходя из требуемой степени уплотнения. Пропитанные образцы подсушивали до влажности 30 % и подвергали термообработке при заданной температуре в течение 1 ч. Затем образцы прессовали до заданной степени уплотнения посредством вальцевания головкой заданного профиля (70×70 мм) и прокатки с последующей запрессовкой в кондукторе (рис. 1). Кондуктор представляет собой разъемные пластины *1*, скрепленные болтами *3*. Суммарные релаксационные (распирающие) усилия измеряли при помощи тензометрических датчиков, наклеенных на болтовые втулки *2*. Кондуктор охлаждали в закрытом помещении при температуре 20 °С в течение 90 мин.

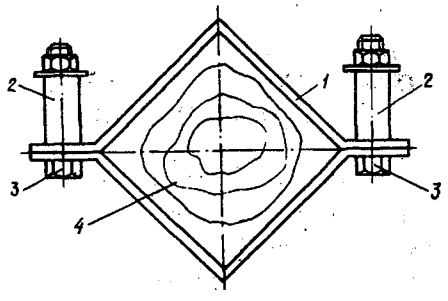


Рис. 1. Схема приемного кондуктора: 1 – пластины; 2 – втулка; 3 – болт; 4 – запрессованный образец

В процессе исследований изучали затухание релаксационных напряжений уплотняемой древесины σ_p, а также упругие деформации в конце цикла обработки ε_y.

Релаксационные напряжения в процессе охлаждения определяли из уравнений регрессии, полученных в результате обработки экспериментальных данных для некоторого момента времени τ.

Уравнение регрессии имеет вид:

для $\tau = 0$

$$\sigma_p = 10{,}272 - 0{,}110\,\varepsilon - 0{,}0910\,T - 4{,}8\cdot 10^{-3} C_1 - 0{,}068\,C_2 - 6{,}45\cdot 10^{-4}\varepsilon C_1 + \\ +1{,}93\cdot 10^{-3}\varepsilon^2 + 2{,}70\cdot 10^{-4} T^2 + 4{,}5\cdot 10^{-4} C_1^2 + 0{,}340\,C_2^2; \qquad (2)$$

для $\tau = 15$ мин

$$\sigma_p = 9{,}260 - 0{,}105\,\varepsilon - 0{,}0744\,T + 6{,}3\cdot 10^{-3} C_1 - 1{,}210 C_2 - 1{,}85\cdot 10^{-4} T C_1 + \\ + 2{,}80\cdot 10^{-3} T C_2 + 1{,}76\cdot 10^{-3}\varepsilon^2 + 2{,}13\cdot 10^{-4} T^2 + \\ + 3{,}1\cdot 10^{-4} C_1^2 + 0{,}410\,C_2^2; \qquad (3)$$

для $\tau = 30$ мин

$$\sigma_p = 7{,}733 - 0{,}097 - 0{,}0653\,T - 11{,}0\cdot 10^{-3} C_1 - 0{,}307\,C_2 + \\ + 1{,}50\cdot 10^{-3}\varepsilon^2 + 1{,}92\cdot 10^{-4} T^2 + 1{,}7\cdot 10^{-4} C_1^2 + 0{,}193\,C_2^2; \qquad (4)$$

для = 60 мин

$$\sigma_p = 5{,}078 - 0{,}062\,\varepsilon - 0{,}0438\,T - 8{,}5\cdot 10^{-3} C_1 - 0{,}159\,C_2 + 9{,}70\cdot 10^{-4}\varepsilon^2 + \\ +1{,}28\cdot 10^{-4} T^2 + 1{,}7\cdot 10^{-4} C_1^2 + 0{,}080\,C_2^2; \qquad (5)$$

для $\tau = 90$ мин

$$\sigma_p = 1{,}687 - 0{,}026 - 0{,}0129 - 3{,}1 \cdot 10^{-3} C_1 - 0{,}045 C_2 + 4{,}00 \cdot 10^{-4}\varepsilon^2 + 3{,}6 T^2 + \\ + 5{,}7 \cdot 10^{-5} C_1^2 + 0{,}023 C_2^2, \quad (6)$$

где σ_p – релаксационные напряжения древесины, МПа;

ε – степень уплотнения, % (изменяется в пределах 20...50 %);

T – температура термообработки, °С (120 ... 200 °С);

C_1 – концентрация карбамида в пропитывающем растворе, % (0...40 %);

C_2 – концентрация компонентов в пропитывающем растворе, % (0...2 %).

На рис. 2 показаны кривые затухания релаксационных напряжений при различных режимах обработки. Как видно из графиков, в первые 30 мин происходило уменьшение релаксационных напряжений приблизительно на 40...70 %.

Упругую деформацию образца после охлаждения в течение 90 мин в приемном кондукторе при температуре 20 °С находили по формуле

$$\varepsilon_y = 66{,}5 + 1{,}3\,\varepsilon - 0{,}342\,T - 0{,}548\,C_1 - 8{,}46 C_2 + 0{,}022\,\varepsilon^2 + 9{,}25 \cdot 10^{-4}\,T^2 + \\ + 0{,}0112\,C_1^2 + 3{,}48\,C_2^2. \quad (7)$$

При прочих равных условиях с уменьшением упругой и увеличением пластической деформаций и при быстром затухании релаксационных напряжений можно достичь более качественной пластификации лесопродукции. Нами были получены следующие зависимости релаксационных напряжений от степени уплотнения и температуры термообработки при концентрациях в пропитывающем растворе карбамида $C_1 = 20$ % и компонентов $C_2 = 1$ % :

при $\varepsilon = 30$ %, $T = 180$ °С

$$\sigma_p = \frac{372}{t - 324} + 1{,}638; \quad (8)$$

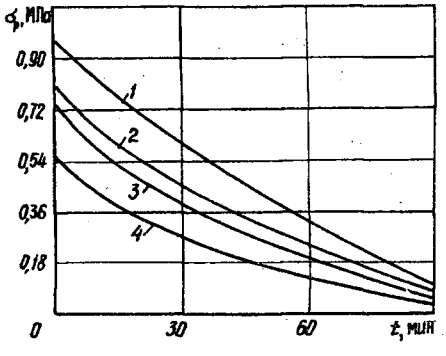


Рис. 2. Изменение релаксационных напряжений при различных режимах обработки: *1* – ε = 40 %, T = 140 °С, C_1 = 40 %, C_2 = 1 %; *2* – 30 %, 140 °С, 40 %, 1 %; *3* – 40 %, 160 °С, 20 %, 1 %; *4* – 30 %, 160 °С, 20 %, 1 %

при $\varepsilon = 30\ \%$, $T = 140\ °C$

$$\sigma_p = \frac{2161}{t + 494} - 3{,}592; \tag{9}$$

при $\varepsilon = 40\ \%$, $T = 180\ °C$

$$\sigma_p = \frac{5209}{t + 836} - 5{,}557; \tag{10}$$

при $\varepsilon = 40\ \%$, $T = 140\ °C$

$$\sigma_p = \frac{987}{t + 284} - 2{,}510, \tag{11}$$

где t – время релаксации, мин.

При формовании древесины без предварительной обработки пропитывающим составом ($C_1 = 0\ \%$, $C_2 = 0\ \%$) до степени уплотнения 30 % и температуре термообработки 180 °С затухание релаксационных напряжений во времени выражается уравнением

$$\sigma_p = \frac{178}{t + 85} - 0{,}907. \tag{12}$$

На рис. 3 показаны графические зависимости, описываемые уравнениями (8) – (12) . Как видно из графиков, снижение температуры термообработки со 180 до 140 °С приводит к приращению релаксационных напряжений в начальный момент времени на 50 %.

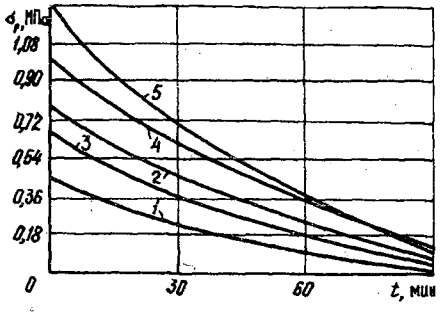


Рис. 3. Изменение релаксационных напряжений при уплотнении древесины сосны (кривые *1* – *5* соответственно описываются уравнениями (8) – (12))

Приведенные в статье данные позволяют обосновать способ изготовления профильной лесопродукции заданной степени уплотнения из древесины сосны и служат источником для выбора коэффициентов пластической деформации.

Поступила 13 июля 1995 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.023.1

Ф.Х. ХАКИМОВА, Д.Р. НАГИМОВ, Т.Н. КОВТУН

Пермский государственный технический университет

Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет 140 печатных работ в области теории и технологии целлюлозы.

Нагимов Дамир Равильевич родился в 1964 г., окончил в 1987 г. Пермский политехнический институт, старший преподаватель кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ в области технологии отбелки целлюлозы.

ОТБЕЛКА СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА БЕЗ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ (сообщение 1)

Изучен процесс отбелки сульфитной целлюлозы с высоким содержанием остаточного лигнина по схеме ЩП-Пд-К-П-К. Методом математического планирования эксперимента разработаны условия обработки целлюлозы на отдельных ступенях.

The bleaching process of sulphite pulp with high content of residual lignin has been studied according to EP-Pd-A-P-A scheme. The conditions of pulp treatment at separate stages are elaborated by the method of mathematical planning of experiment.

Актуальность перехода к бесхлорной отбелке объясняется отрицательным влиянием на здоровье людей и окружающую среду хлорсоединений, образующихся при отбелке целлюлозы, особенно на стадии хлорирования.

К настоящему времени разработаны схемы отбелки сульфитной целлюлозы с применением кислорода и пероксида водорода. Однако реализация кислородно-щелочной ступени связана с получением кислорода и довольно сложным ее аппаратурным оформлением. Поэтому перевод действующих заводов на бесхлорную отбелку с включением в схему кислородно-щелочной ступени требует больших капиталовложений.

На кафедре ТЦБП Пермского государственного технического университета проводятся исследования по отбелке сульфитной целлюлозы различной степени провара с применением в качестве отбеливающего реагента только пероксида водорода. Ранее нами* показана возможность отбелки пероксидом водорода сульфитной целлюлозы различной жесткости до требуемого уровня белизны. Однако при отбелке жесткой целлюлозы расход отбельного реагента велик. Так, результаты отбелки сульфитной целлюлозы жесткостью 100 п.ед. по разработанным нами режимам (схема Пд-К-П-К) показали, что для достижения белизны более 84 % общий расход пероксида водорода должен составлять не менее 5 % от абс. сухого волокна.

Для снижения общего расхода пероксида водорода на отбелку и достижения конечной белизны на уровне 85 ... 86 % необходимо провести более глубокую делигнификацию целлюлозы за счет активации остаточного лигнина на начальных стадиях отбелки.

Известно, что значительная часть остаточного лигнина после сульфитной варки может быть переведена в раствор в результате предварительной щелочной обработки. Эффективность такой обработки усиливается в присутствии даже небольших количеств окислителей, в том числе и пероксида водорода. Считается, что введение окислителя на стадии предварительного щелочения увеличивает количество переходящих в раствор фрагментов остаточного лигнина, ускоряет этот переход и снижает токсичность сточных вод этой ступени обработки.

Задача данного исследования состояла в разработке условий обработки целлюлозы на отдельных ступенях при отбелке по схеме ЩП-Пд-К-П-К (где ЩП – щелочная обработка в присутствии пероксида водорода, Пд и П – делигнификация и отбелка пероксидом водорода).

Для обработок использовали сульфитную целлюлозу жесткостью 100 п. ед. Для каждой ступени отбелки поставлен эксперимент по плану Бокса для трех переменных факторов (табл. 1).

---

* Нагимов Д.Р., Хакимова Ф.Х. Исследование отбелки сульфитной целлюлозы по бесхлорной технологии // Лесн. журн. - 1995. - № 2-3. - С 119. - (Изв. высш. учеб. заведений).

Таблица 1

Переменные факторы и исходные данные для планирования эксперимента

Показатели	Значение показателей для ступеней обработки											
	ЩП				Пд				П			
	λ^0	λ^{+1}	λ^{-1}	$_\Delta\lambda$	λ^0	λ^{+1}	λ^{-1}	$_\Delta\lambda$	λ^0	λ^{+1}	λ^{-1}	$_\Delta\lambda$
Переменные факторы												
Расход H_2O_2 (X_1), % от абс.сухого волокна	1,0	1,5	0,5	0,5	2,0	3,0	1,0	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0
Температура (X_2), °С	65	80	50	15	75	90	60	15	70	90	50	20
Продолжительность (X_3), мин	75	120	30	45	90	150	30	60	105	150	60	45
Постоянные условия												
Расход, % от абс. сухого вещества:												
NaOH	2,00				2,00				0,75			
Na_2SiO_3	-				3,0				1,7			
Концентрация массы, %	8				8				8			
Интервал pH	12,0...12,5				12,0...12,5				10,0...11,0			

Примечание. λ^0 – основной уровень, λ^{+1} – верхний уровень, λ^{-1} – нижний уровень, $_\Delta\lambda$ – шаг варьирования.

Ниже представлены уравнения, полученные в результате реализации планированных экспериментов для выходных параметров жесткости $Y_ж$ и белизны $Y_б$ по ступеням отбелки:

ступень ЩП

$$Y_б = 70{,}05+0{,}65X_1+0{,}85X_2+0{,}25X_3-0{,}05X_1X_2+0{,}15X_1X_3+0{,}1X_2X_3; \quad (1)$$

$$Y_ж = 56 + 2X_1 - 3X_2 - 2X_3; \quad (2)$$

ступень Пд

$$Y_б = 79{,}35+1{,}00X_1+1{,}70X_3+1{,}50X_3+0{,}65X_1^2+1{,}35X_2^2+0{,}15X_3^2+0{,}35X_2X_3; \quad (3)$$

$$Y_ж = 58{,}0 - 1{,}0X_1 - 2{,}5X_2 - 4{,}0X_3 - 1{,}0X_1X_2; \quad (4)$$

ступень П

$$Y_б = 82{,}5 + 1{,}3X_1 + 1{,}0X_2 + 0{,}9X_3 - 0{,}7X_1^2 + 1{,}1X_2^2 + 0{,}5X_3^2; \quad (5)$$

$$Y_ж = 47{,}5 - 1{,}5X_1 - 3{,}0X_2 - 2{,}0X_3 + 4{,}0X_1^2 - 3{,}5X_2^2 - 4{,}0X_3^2. \quad (6)$$

Из уравнений (1)–(6) следует, что наиболее заметное влияние на первой ступени отбелки оказывает температура, на ступени Пд – температура и продолжительность процесса, на ступени П на прирост белизны наибольшее влияние оказывает расход пероксида водорода, на жесткость – температура процесса.

При решении уравнений регрессии получены оптимальные условия обработки целлюлозы на исследованных ступенях отбелки (табл. 2).

Таблица 2

Оптимальные условия обработки целлюлозы

Показатели	Значение показателей для ступеней обработки		
	ЩП	Пд	П
Расход H_2O_2, %	0,6	1,8	1,8
Температура, °С	76,0	84,0	81,0
Продолжительность, мин	30	108	150

Расчетные значения выходных параметров:
после ступеней ЩП-Пд-К

$$Y_ж = 56,1 \text{ п. ед.}; \; Y_б = 80,2 \text{ \% белого};$$

после отбелки по схеме ЩП-Пд-К-П-К

$$Y_ж = 38,1 \text{ п. ед.}; \; Y_б = 84,9 \text{ \% белого}.$$

По разработанным режимам проведена контрольная отбелка целлюлозы, результаты которой представлены в табл. 3. Показатели полученной беленой целлюлозы совпадают с расчетными значениями параметров, что свидетельствует о достоверности моделей.

Из данных табл. 3 следует, что включение в схему отбелки жесткой сульфитной целлюлозы стадии предварительного пероксидного щелочения (схема ЩП-Пд-К-П-К) позволило получить (по сравнению со схемой Пд-К-П-К) продукт с более высокой белизной при сокращении расхода пероксида до 4,2 % (против 5,0 %). Снижение механических показателей целлюлозы в процессе отбелки незначительное. Показатель стабильности белизны равен1,71 Рс.

Таблица 3

Результаты отбелки целлюлозы по схеме ЩП-Пд-К-П-К

Показатели	Значение показателей для целлюлозы		
	небеленой	после ступеней Щп-Пд-К	беленой
Расход пероксида водорода, % от абс. сухого волокна	-	2,4	4,2
Выход беленой целлюлозы, % от небеленой	-	95,7	93,5
Жесткость, п. ед.	100	56	37
Белизна, % белого	62,0	80,1	85,2
Реверсия белизны, Рс	-	-	1,71
Механическая прочность (60 °ШР, 75 г/м^2):			
разрывная длина, м	8700	8250	7950
сопротивление:			
излому, ч.д.п.	1180	890	700
продавливанию, кПа	380	360	345

Разработанная схема (ЩП-Пд-К-П-К) отбелки сульфитной целлюлозы с высоким содержанием остаточного лигнина имеет перед традиционной схемой (Х-Щ-Х-Щ-Г-Г-К) следующие преимущества:

меньшее число ступеней отбелки (5 вместо 7);

одинаковая белизна при более высоком выходе и лучших показателях механической прочности;

экологически более надежна;

решает проблему смоляных затруднений в процессе может быть применено оборудование, используемое на предприятиях ЦБП в настоящее время.

Поступила 27 мая 1997 г.

УДК 676.1.023.1

Ф.Х. ХАКИМОВА, Т.Н. КОВТУН, Д.Р. НАГИМОВ

Пермский государственный технический университет

ОТБЕЛКА СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА БЕЗ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ (сообщение 2)

Изучены изменения физико-механических показателей сульфитной целлюлозы, отбеленной пероксидом водорода по бесхлорной технологии.

Changes of physical and mechanical indices of sulphite pulp have been studied, bleached by hydrogen peroxide according to chlorine-free technology.

Цель данной части работы – изучить изменение некоторых физико-механических показателей сульфитной целлюлозы в процессе отбелки по предложенной схеме ЩП-Пд-К-П-К.

Отбелке подвергали промышленную целлюлозу жесткостью 100 п. ед. Условия обработки целлюлозы на отдельных ступенях отбелки приведены в сообщении 1. Общий расход пероксида водорода на отбелку составил 4,2 %, щелочи – 4,75 %.

Как следует из данных табл. 1, наибольшее снижение жесткости и повышение белизны целлюлозы наблюдаются на ступени пероксидной делигнификации, что обусловлено как условиями обработки на этой ступени

Таблица 1

Изменение физико-химических показателей целлюлозы при отбелке по схеме ЩП-Пд-К-П-К

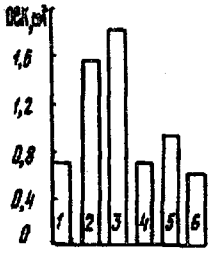
Показатели	Значение показателей по ступеням обработки					
	Небеленая целлюлоза	ЩП	ЩП-Пд	ЩП-Пд-К	ЩП-Пд-К-П	ЩП-Пд-К-П-К
Выход целлюлозы, % от небеленой	-	98,0	95,9	95,7	93,8	93,5
Жесткость, п. ед.	100	84	58	56	39	37
Белизна, % белого	62,0	67,7	80,3	80,1	84,9	85,2
Реверсия белизны, Рс	-	2,81	2,64	1,84	1,80	1,71
Массовая доля в целлюлозе, %:						
лигнина	4,0	2,44	1,55	1,50	1,12	1,10
пентозанов	5,2	4,4	4,1	3,8	3,6	3,5
экстрактивных веществ	2,55	1,12	0,96	0,89	0,67	0,65
карбоксильных групп	0,37	0,38	0,38	0,32	0,32	0,31
Медное число, г / 100 г целлюлозы	1,07	1,22	1,24	1,20	1,23	1,21
Растворимость в цинкате натрия, %	16,8	16,5	15,5	13,1	12,0	11,8
Объем субмикроскопических капилляров, $см^3$/г целлюлозы	0,71	1,56	1,81	0,71	0,93	0,59
Разрывная длина (60° ШР, 75 г/$м^2$), м	8700	8600	8300	8250	8000	7950

(температура 84 °С, pH 12,0 ... 12,5), так и благоприятным предварительным пероксидно-щелочным воздействием на целлюлозу. Включение в схему отбелки такой окислительной обработки позволило получить из жесткой целлюлозы беленую целлюлозу с белизной 85 % при использовании в качестве отбеливающего реагента только пероксида водорода (расход 4,2 %). Как отмечено в сообщении 1, при отбелке без ступени окислительного щелочения (Пд-К-П-К) с большим расходом пероксида водорода (5,0 %) была получена целлюлоза белизной 84 %.

Реверсия белизны целлюлозы уменьшается в процессе отбелки по мере снижения содержания в ней лигнина.

Отбелка по предлагаемой схеме не сопровождается интенсивными окислительными процессами. Об этом свидетельствует сохранение практически на одном уровне содержания в целлюлозе карбоксильных групп; медное число несколько повышается на первой (ЩП) ступени обработки целлюлозы и далее, на последующих ступенях, остается без изменения.

В процессе отбелки имеет место заметное снижение содержания низкомолекулярных фракций, что подтверждается уменьшением на всех ступенях растворимости целлюлозы в цинкате натрия. Связано это, вероят-



Изменение ОСК целлюлозы в процессе отбелки по схеме ЩП-Пд-К-П-К: *1* – исходная целлюлоза; *2* – целлюлоза после ступени ЩП; *3* – после ЩП-Пд; *4* – после ЩП-Пд-К; *5* – после ЩП-Пд-К-П; *6* – после ЩП-Пд-К-П-К

но, с частичным гидролизом низкомолекулярных фракций в щелочной среде, т. е. в этих условиях проявляется в некоторой степени облагораживающий эффект.

Важным результатом предварительной пероксидно-щелочной обработки целлюлозы является эффективное (более чем в 2 раза) снижение содержания в ней смол и жиров, продолжающееся на последующих ступенях (0,65 % против 2,55 % для небеленой целлюлозы).

В табл.1 и на рисунке приведены изменения в процессе отбелки объема субмикроскопических капилляров (ОСК).

Считают, что изменение ОСК связано, во-первых, с образованием микрополостей при удалении из целлюлозного волокна лигнина и гемицеллюлоз и, во-вторых, с набуханием клеточных оболочек в отбельном растворе.

Для определения ОСК стенок целюлозных волокон использовали метод эксклюзии водорастворимого полимера (полиэтиленгликоля), который позволяет количественно охарактеризовать капиллярно-пористую систему стенок целлюлозных волокон во влажном состоянии.

ОСК исходной небеленой целлюлозы равен 0,71 см^3/г. На первых ступенях отбелки (ЩП-Пд) наблюдается увеличение ОСК, т. е. пероксидная делигнификация в щелочной среде приводит к интенсивному набуханию клеточных стенок, что способствует активации процессов. Обе стадии сопровождаются значительным переходом в раствор компонентов целлюлозного волокна, в первую очередь лигнина. Далее, на ступени кислотной обработки, происходит контракция (сжатие) клеточной стенки и, соответственно, снижение этого показателя. Повторное набухание на второй ступени пероксидной отбелки уже менее значительно, чем на первой. Заключительная кислотная обработка оказывает на величину ОСК такое же влияние, как и первая (между ступенями Пд и П).

Сопоставляя динамику изменения основных показателей в ходе отбелки по предлагаемой схеме, следует отметить, что наибольший прирост белизны, снижение содержания лигнина и изменение основных показателей имеют место после пероксидной делигнификации. В дальнейшем изменение показателей менее существенно, за исключением показателей повышения стабильности белизны и снижения массовой доли смол и жиров в целлюлозе.

Таблица 2

Сравнение физико-химических показателей образцов беленой сульфитной целлюлозы

Показатели	Значение показателей целлюлозы		
	небеленой	беленой по схеме	
		ЩП-Пд-К-П-К	Х-Щ-Х-Щ-Г-Г-К
Общий расход, %:			
пероксида водорода	-	4,2	-
активного хлора	-	-	7,8
Выход целлюлозы, % от небеленой	-	93,5	92,5
Жесткость, п. ед.	100	37	5
Белизна, % белого	62,0	85,2	85,4
Реверсия белизны, Рс	-	1,71	1,78
Массовая доля в целлюлозе, %:			
лигнина	4,00	1,10	0,61
пентозанов	5,2	3,5	4,4
экстрактивных веществ	2,55	0,65	1,45
карбоксильных групп	0,37	0,31	0,41
Медное число, г/100 г целлюлозы	1,07	1,21	1,59
Растворимость в цинкате натрия, %	16,8	11,8	30,6
Механическая прочность (60°ШР, 75 г/м^2):			
разрывная длина, м	8700	7950	7100
сопротивление:			
излому, ч.д.п.	1180	700	580
продавливанию, кПа	380	345	310

В табл. 2 приведены результаты отбелки сульфитной целлюлозы жесткостью 100 п. ед. по разработанной (ЩП-Пд-К-П-К) и традиционной (Х-Щ-Х-Щ-Г-Г-К) схемам (условия отбелки целлюлозы по второй схеме приняты на основании регламента отбелки сульфитной целлюлозы Камского ЦБК).

По сравниваемым схемам целлюлоза отбелена до одинаковой белизны – 85 %. После отбелки пероксидом водорода жесткость целлюлозы выше, чем после отбелки с использованием хлорсодержащих реагентов. В соответствии с этим находится и содержание остаточного лигнина в целлюлозе. Это свидетельствует о том, что применение хлора и гипохлорита обеспечивает достаточно полную делигнификацию целлюлозы, а пероксид водорода в щелочной среде частично делигнифицирует целлюлозу и способствует повышению ее белизны не только за счет делигнификации, но и за счет обесцвечивания (разрушения хромофорных групп) окрашенных компонентов целлюлозы, в первую очередь лигнина.

Выход целлюлозы, отбеленной пероксидом водорода, выше, чем у целлюлозы, отбеленной с использованием хлорсодержащих реагентов. Объясняется это как меньшей делигнификацией целлюлозы при отбелке пероксидом, так и меньшей ее деструкцией в процессе отбелки. Подтвержден-

ем этого служат высокие показатели механической прочности целлюлозы, отбеленной пероксидом водорода.

На более мягкое окислительное воздействие пероксида водорода указывает и то, что целлюлоза этого способа отбелки отличается более низкими значениями растворимости в цинкате натрия, медного числа и содержания карбоксильных групп.

Важным преимуществом отбелки пероксидом водорода является существенное снижение в целлюлозе содержания смол и жиров. Таким образом решается серьезная проблема сульфит-целлюлозного производства – устраняются смоляные затруднения.

Поступила 25 мая 1997 г.

УДК 541.11

И.И. ОСОВСКАЯ, Г.М. ПОЛТОРАЦКИЙ

С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров

Осовская Ираида Ивановна родилась в 1942 г., окончила в 1968 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры физической, аналитической и коллоидной химии С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 90 научных трудов в области физической химии целлюлозы и ее модификации.

Полторацкий Геннадий Матвеевич родился в 1931 г., окончил в 1955 г. Ленинградский технологический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической, аналитической и коллоидной химии С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет около 200 научных трудов в области термодинамики водных и неводных растворов электролитов.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ-ЭЛЕКТРОЛИТОВ KJ И $MgSO_4$ В СИСТЕМЕ ЦЕЛЛЮЛОЗА–ВОДА–ЭЛЕКТРОЛИТ НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Показана роль структуры воды в процессе взаимодействия с целлюлозой водных растворов KJ и $MgSO_4$ и ее влияние на формирование физико-химических свойств целлюлозы.

The role of water structure is shown in the process of its interaction with the pulp of water solutions KJ and $MgSO_4$ and its influence on forming physico-chemical properties of pulp.

Известно [2], что существуют электролиты, небольшие концентрации которых способствуют упорядочению или разрушению структуры жидкой воды, известна также и роль структуры воды в химических процессах [2, 4]. Однако только в нескольких работах [1, 3–5, 8] отражено влияние структуры жидкой воды на взаимодействие её с волокнистыми материалами. В одной из них [8] авторы, изучая процесс крашения хлопка, «...обнаружили, что введение в воду «чужеродных» молекул, разрушающих структуру жидкой воды, способствует интенсификации процесса крашения». В работе [4] показано, что соли, нарушающие структуру воды, не изменяют, а иногда снижают содержание незамерзающей (связанной) воды в целлюлозе, тогда как структурообразующие соли дают обратный эффект, т. е. повышают критический размер пор до таких размеров, при которых вода может быть превращена в лед. Однако этот вывод не совсем убедителен, возможно, потому, что в этой работе исследования проводили при одной концентрации электролита. Поэтому остался неясным вопрос о влиянии природы и содержания электролита на формирование капиллярно-пористой структуры и гидрофильных свойств целлюлозы.

Целью данного исследования является разработка целенаправленной активации целлюлозного материала для улучшения его гидрофильных и бумагообразующих свойств водными растворами электролитов малых концентраций. В работе предусмотрен принципиально новый подход к выбору активатора, заключающийся в том, что степень активации целлюлозы водным раствором химического реагента зависит также от структуры растворителя – жидкой воды, которая определяется природой и концентрацией растворенного в ней вещества. Нам представляется это важным не только для понимания явлений, происходящих в системе целлюлоза–вода–электролит, но и для обоснованного поиска активатора целлюлозы.

В данной работе изучены гидрофильные свойства целлюлозы, активированной водными растворами KJ и $MgSO_4$. При выборе солей руководствовались тем, что KJ является «разрушителем» структуры воды, а $MgSO_4$ – «структурообразователем» [2, 4]. Исследуемая область концентраций – 0,00 ... 0,35 мол/л.

Использовали в основном термодинамические методы: поглощение воды целлюлозой из жидкой и газообразной фазы контролировали по энтальпиям смачивания и изотермам десорбции, структурные изменения прослеживали по измерению показателя плотности, изменение внутренней поверхности целлюлозы характеризовали методом сорбции красителя.

Тепловые эффекты процесса взаимодействия целлюлозы с водой ΔH измерены при 298 К на калориметре с изотермической оболочкой и датчиком температуры – термистором КМТ-14. Относительная погрешность измерений ±2 %. Изотермы десорбции паров воды сняты при 298 К тензиметрическим методом, относительная погрешность ±3 %. Измерение плотности целлюлозы проведено флотационным методом (метод градиентной колонки) [7]. Иммерсионная среда – смесь бензола и четыреххлористого углерода. Количество красителя, адсорбированного целлюлозой, определено с погрешностью ±3 %. В качестве красителя использован прямой зеленый триазокраситель.

Образец целлюлозы для исследования опускали в водный раствор электролита, отмывали водой и отжимали на фильтре Шотта. Для калориметрических, денсиметрических исследований, а также для измерения сорбции красителя воду окончательно удаляли методом замены растворителя последовательно этанолом, ацетоном, *н*-гептаном [6, 7]. Снятие изотерм десорбции не требовало дополнительной подготовки образцов.

Предпринятые нами в ходе исследований измерения энтальпии смачивания, плотности целлюлозы и десорбции паров воды (рис. 1–3) показали, что зависимость этих свойств от концентрации электролитов имеет экстремум, по-видимому, отражающий несколько процессов, происходящих при взаимодействии целлюлозы с водой, в которой присутствует KJ или $MgSO_4$.

Как следует из рис. 1, с увеличением концентрации KJ до 0,21 мол/л эффект достигает максимума (кривая *1*), а затем несколько снижается. При этой же концентрации наблюдается экстремум и на зависимости плотности

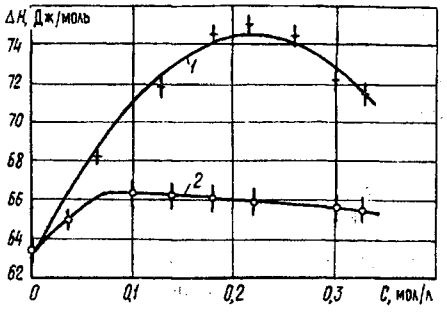


Рис. 1. Теплоты взаимодействия ΔH целлюлозы с водой и водными растворами KJ (*1*) и $MgSO_4$ (*2*) в зависимости от концентрации *C*

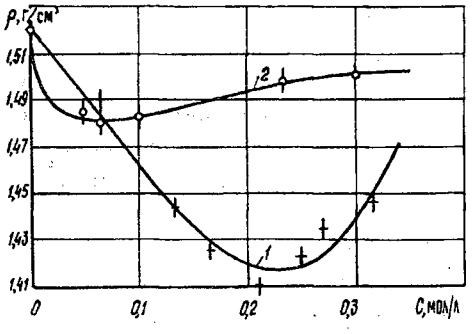


Рис. 2. Плотность целлюлозы ρ, обработанной растворами KJ (*1*) и $MgSO_4$ (*2*) различных концентраций

целлюлозы от концентрации KJ (рис. 2, кривая *1*). В то же время, присутствие в воде $MgSO_4$ почти не отражается на изменении энтальпии смачивания во всей изученной нами области концентраций (см. рис. 1, кривая *2*), а незначительное уменьшение плотности наблюдается при концентрации $MgSO_4$ до 0,1 мол/л (рис. 2, кривая *2*).

На рис. 3 представлены изотермы десорбции паров воды образцами целлюлозы после обработки их водными растворами KJ (кривая *1*), $MgSO_4$ (кривая *2*) и водой (кривая *3*). Как следует из рис. 3, при невысоких относительных давлениях паров воды $p/p_0 < 0,6$ (где p_0 – давление насыщенного пара) водоудержание *a* всех образцов мало и почти одинаково. Однако по мере повышения относительного давления паров (соответственно, относительной влажности воздуха), когда начинает сказываться десорбция воды капиллярной системой моноволокна, наблюдается резкое увеличение водоудержания целлюлозой, обработанной водным раствором KJ. Например, при $p/p_0 = 0,975$ десорбция воды целлюлозой, набухшей в чистой воде, в 0,2-молярном растворе KJ и в 0,1-молярном растворе $MgSO_4$, соответственно составляет 0,28; 0,44 и 0,24 г H_2O/г целлюлозы.

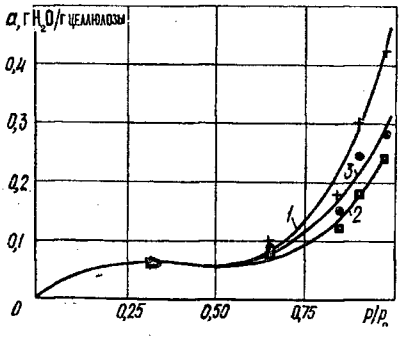


Рис. 3. Изотермы десорбции паров воды целлюлозой, обработанной 0,2-молярным водным раствором KJ (*1*), 0,1-молярным раствором $MgSO_4$ (*2*) и водой (*3*) в зависимости от относительного давления паров воды p/p_0

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать некоторые обобщения.

Как известно, при малых концентрациях раствора, когда частично сохраняется структура чистой жидкости, присутствие в воде соли-разрушителя изменяет соотношение количеств неассоциированной и кластерной форм воды в пользу образования большего объема менее ассоциированных молекул. Вследствие этого при взаимодействии такого раствора с целлюлозой становится возможным проникновение молекул воды в ранее недоступные тончайшие поры и капилляры целлюлозного волокна. По-видимому, только развитием капиллярно-пористой структуры целлюлозы можно объяснить увеличение водоудерживающей способности целлюлозы (рис. 3, кривая *1*) и понижение ее плотности (см. рис. 2, кривая *1*). При концентрациях соли более 0,21 мол/л первоначальная структура жидкой воды уже настолько разрушена, что начинает преобладать организующее действие ионов растворенной соли на молекулы воды, при этом, как видно из рис. 1 и 2, гидрофильные свойства целлюлозы понижаются.

В присутствии соли-структурообразователя даже при малых концентрациях изменение соотношения количеств малоассоциированной и кластерной форм воды происходит в пользу образования последней. Поэтому, если при низких концентрациях электролита (меньших 0,1 моль/л),

Агент набухания	Концентрация раствора, мол/л	Количество красителя, адсорбированного целлюлозой,мг/г
Вода	0,0	4,2
Раствор KJ	0,2	4,4
	0,5	4,7
	1,0	5,6
	1,5	5,2
Раствор $MgSO_4$	0,1	4,2
	0,5	4,2
	1,0	4,0

поглощение воды имеет некоторую тенденцию к повышению за счет увеличения размеров пор, то дальнейшее добавление соли способствует формированию крупнопористой структуры целлюлозы без развитой субмикроскопической системы пор и капилляров. Это способствует снижению суммарного объема пор и капилляров, что отражается на теплотах смачивания (см. рис. 1, кривая *2*), плотности (рис. 2, кривая *2*) и десорбции (рис. 3, кривая *2*).

Кроме приведенных выше данных термодинамических исследований, на взаимосвязь между структурированностью раствора и свойствами целлюлозы указывает также изменение сорбционной способности целлюлозы, определенной методом сорбции прямого зеленого триазокрасителя (см. таблицу).

Увеличение количества сорбируемого красителя, коррелирующего с величиной внутренней поверхности целлюлозы, тоже подтверждает положение о развитии субмикроскопической структуры целлюлозы при набухании ее в воде в присутствии соли-разрушителя.

Взаимосвязь между структурой раствора и его действием на целлюлозу, установленная в работе [4] и в наших исследованиях на примере двух солей, предполагает возможность направленного поиска химического реагента, небольшие добавки которого способствовали бы формированию структуры целлюлозы в условиях реальной технологии получения бумаги. Кроме того, для улучшения связеобразующей способности целлюлозного волокна желательно, чтобы выбранный реагент содержал группы, способные к образованию водородных связей с макромолекулами целлюлозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. -М.: Мир,1979.- 567 с. [2]. Мищенко К.П., Полторацкий Г.М. Термодинамика и строение водных и неводных растворов электролитов. - Л.: Химия, 1976. - 328 с. [3]. Рейзиньш Р.Э. Структурообразование в суспензиях целлюлозных волокон.-

Рига: Зинатне, 1987. - 208 с. [4]. Роуленд С. Вода в полимерах. - М.: Мир, 1984. - 555 с. [5]. Терентьев О.А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно - бумажном производстве. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 248 с. [6]. Ossovskaja I.I., Poltoratsky G.M.// Abstracts of VI-th ECIS Conference, Graz, Austria, 1992. - P.43. [7]. Ossovskaja I.I., Poltoratsky G.M., Uliashenko I.A. // Colloid & Polymer Science. - 1993. - Vol. 93.- P.85. [8]. Sivaraja // Colourage. -1987- Vol. 34, № 15.- P.15-20.

Поступила 25 апреля 1997 г.

УДК 676.1.022

И.С.ГЕЛЛЕС

Петрозаводский государственный университет

Гелес Иосиф Соломонович родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Ленинградский технологический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Петрозаводского государственного университета. Имеет около 300 печатных трудов в области научного обоснования и разработки экологически чистых ресурсосберегающих технологий при использовании древесной биомассы, применения отходов древесного сырья для очистки сточных вод различных производств.

О ВАРКЕ НЕОКОРЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Получены экспериментальные данные о физико-механических свойствах целлюлозных масс из корки и луба основных лесообразующих пород таежной зоны.

The experimental data are obtained on physico-mechanical properties of pulp from cortex and soft bark of the main forest-forming species of Russian taiga.

Вопрос целесообразности окорки древесины для сульфатной варки обсуждался неоднократно. Еще в 1953 г. было высказано мнение «... о возможности совместной варки древесины и коры без ущерба для качества получаемой продукции» [5]. В работе 1966 г. [9] предложено отказаться от окорки балансовой древесины при варке щепы по сульфатному способу, мотивируя это экономией от исключения слешеров, корообдирочных барабанов, транспортных систем и многочисленного оборудования по

обезвоживанию отходов окорки и очистке оборотных вод при мокром способе окорки. Подобная точка зрения высказывалась некоторыми канадскими специалистами [6]. Несколько иное мнение имели финские ученые, которые считали, что щепу с высоким содержанием коры лучше перерабатывать в отдельных потоках, но оптимальным является максимально возможное удаление коры [11]. Варка с корой, наряду с указанными выше причинами, обосновывалась также увеличением общего выхода массы за счет целлюлозной части коры и устранения потерь при окорке. В работе [10] был оценен общий выход и количество волокнистых клеток у 42 американских хвойных и лиственных древесных пород. Общий выход у хвойных колебался от 17,6 до 35,8 %. Однако волокна, годные к употреблению, присутствовали только у одного вида пихты, а пригодные склереиды у большинства пород составляли менее 1 %. Данные о прочностных свойствах полученных целлюлозных масс не приведены.

В настоящее время имеется достаточное число работ, в которых изучено влияние коры на свойства получаемой целлюлозы. В большинстве случаев признается, что присутствие до 5 % коры в древесине мало сказывается на прочностных свойствах сульфатной целлюлозы, хотя возрастает сорность и расход химикатов на варку и отбелку [5, 6, 8, 11, 12]. Однако в сульфитном производстве присутствие даже 2 % коры резко сказывается на повышении сорности, что ведет к отбраковке продукции [3].

Концепция о преимуществах щелочной варки неокоренной древесины все в большей мере находит свое реальное воплощение. Так, согласно [8], предусмотрено широкое использование щепы из неокоренной сосны, в [12] сообщается о ежегодном (начиная с 1984 г.) применении 20 тыс. $м^3$ щепы из кроны без окорки для выпуска мешочной бумаги. Более того, при выработке тарного картона и другой продукции на Долинском заводе используется почти исключительно неокоренная лиственница [2].

Однако отсутствие прямых данных о прочностных характеристиках целлюлозы из коры, полученной разными способами, не позволяет сделать более обоснованные выводы по указанной проблеме.

Цель нашей работы – получение данных об обоснованности варки неокоренной древесины основных пород таежной зоны России.

Методическая часть

Сразу после валки деревьев кору от ствола снимали продольными лентами и делили вручную на любяную и корковую части, которые подсушивали до воздушно-сухого состояния. После этого ее измельчали до «щепы» и хранили при комнатной температуре. Сульфатную варку вели по технологическому режиму Сегежского ЦБК. Массу размалывали в лабораторной «сцеже» и хранили во влажном состоянии в холодильнике, чтобы предотвратить развитие на ней микрофлоры. Размол осуществляли в мельнице

Таблица 1

Результаты сульфатной варки корки и луба основных лесообразующих пород

Порода древесины	Структурная составляющая коры	Расход щелочи (в единицах Na_2O)		Выход, % от исходного абс. сухого материала			Степень делигнификации, п. ед.
		% от исходного абс. сухого материала	кг / 1 т абс. сухой массы	сортированной массы	непровара	общий	
Сосна	Корка	17,0	616	21,5	6,1	27,6	123,0
	Луб	17,0	798	21,2	0,1	21,3	21,5
	Кора	17,0	890	17,1	2,0	19,1	53,5
Ель	Корка	17,0	798	21,0	0,3	21,3	90,6
	Луб	17,0	625	26,8	0,4	27,2	35,1
Лиственница сибирская	Корка	17,5	695	10,8	14,4	25,2	83,4
	Луб	17,5	632	25,9	1,8	27,7	55,5
Осина	Корка	14,5	472	20,8	9,9	30,7	119,0
	Луб	14,5	556	26,1	Нет	26,1	72,7
Береза	Корка (береста)	14,5	483	-	-	30,0	-
	Луб	14,5	580	-	-	25,0	-

ЦРА, отлив – на аппарате ЛОА-2. Физико-механические показатели отливок с поверхностной плотностью 75 г/м^2 определяли в ЦЗЛ Кондопожского ЦБК*.

Вследствие существенной разницы в строении и составе клеток и основных групп веществ корковой и лубяной части [1] варке подвергали каждую из них отдельно. Из данных табл. 1 следует, что целлюлозные массы из указанных частей, полученные в одинаковых условиях сульфатным способом, различаются по степени непровара, выходу и степени делигнификации. Во всех случаях значения этих показателей у массы из корки значительно выше, чем у луба, особенно для таких пород, как сосна и ель. Кроме того, корка дает больший процент непровара и является источником огромного количества соринок разного размера и формы. Из обеих частей коры получена масса, выход которой в 2 и более раза ниже по сравнению с выходом целлюлозы из древесины той же породы, соответственно удельный расход гидроксида натрия в 1,7–2,3 раза выше и достигает 800 кг/т (в единицах Na_2O). Аналогичные данные были достигнуты при варке сосновой коры, не подвергнутой разделению.

Особенно низкие качественные показатели массы из коры березы, которую крайне трудно охарактеризовать обычными методами.

Для сопоставления были проведены также сульфитные варки. По этому способу (табл. 2) выход массы несколько выше, чем по сульфатному, что в случае использования корковой части приводит к еще большему засорению целлюлозы, имеющей крайне низкую белизну.

---

* В проведении эксперементов участвовали мл. научный сотрудник Г.М. Левкина, инженеры Т.Е. Крутова, Е.С. Софронов.

Таблица 2

Результаты сульфитной варки корки и луба основных лесообразующих пород

Порода древесины	Структурная составляющая коры	Выход, % от исходного абс. сухого материала			Степень делигнификации, п. ед.	Белизна, %
		сортированной массы	непровара	общий		
Сосна	Луб	30,3	-	30,3	42,2	9,4
Ель	Корка	39,4	1,6	40,9	28,6	-
	Луб	35,1	0,3	35,4	47,8	12,1
Осина	Корка	30,6	3,9	34,5	96,3	-
	Луб	25,6	0,6	26,2	67,9	21,9

Таблица 3

Длина ситовидных клеток луба коры основных лесообразующих пород (n = 200)*

Порода древесины	Средняя длина, мм	Среднее квадратическое отклонение, мм	Коэффициент вариации, %	Показатель точности, %
Ель	2,71	0,53	19,6	1,39
Сосна	2,10	0,62	29,6	2,09
Лиственница	2,77	0,83	29,9	2,11
сибирская	0,82**	0,16	19,5	1,95

*Пробы взяты на высоте 1,3 м.
** Данные по склереидам.

Для выявления способности целлюлозных масс из коры к листообразованию была определена длина ситовидных клеток, составляющих основную часть луба. Как следует из результатов замеров (табл. 3), их длина примерно соответствует трахеидам. Склереиды лиственницы, составляющие существенную долю ее луба, имеют самые низкие значения этого параметра.

На основании экспериментальных данных был сделан вывод, что из массы от варки корки практически невозможно получить отливку, т. е. клетки наружной части коры изученных пород не способны к связеобразованию. Опыты показали высокую способность к размолу небеленых сульфатных целлюлозных масс из луба. Так, за 2 мин размола в ЦРА достигается степень помола в 50 °ШР и выше (табл. 40). Отливки, полученные из лубяной целлюлозы сосны, отличаются несколько лучшей разрывной длиной по сравнению с образцами из луба ели и лиственницы, у которых она не превышала 4100 м. Присутствие корки негативно сказывается на прочностных свойствах целлюлозных масс из коры сосны – они существенно ниже, чем из одного луба, особенно сопротивление излому (табл. 4). Нужно отметить, что отливки, полученные из луба лиственницы, имеют самые низкие значения основных механических показателей. Если сульфатные целлюлозные массы из луба хвойных пород еще могут представлять определенный

Таблица 4

Физико-механические показатели небеленых целлюлозных масс из луба основных лесообразующих пород

Порода древесины	Степень помола, ° ШР		Объемная масса, г/см³	Разрывная длина, м	Удлинение, мм	Сопротивление		
	после варки	после 2 мин размола				излому, ч.д.п.	раздиранию, мН	продавливанию, кПа
Сульфатная «целлюлоза»								
Сосна	15,5	42,5	0,526	6590	2,2	910	285	280
	20,0*	54,0	0,482	4810	3,7	49	293	187
Ель	31,0	-	0,278	3780	2,9	17	383	154
	-	50,0	0,299	4090	4,4	260	523	250
Лиственница сибирская	27,0	-	0,379	3280	2,3	7	373	118
	-	46,5	0,427	4090	3,7	36	408	177
Осина	6,0	54,5	0,260	500	1,4	-	118	19,6
Сульфитная «целлюлоза»								
Сосна	8,0	69,0	0,508	3620	1,8	4	118	169
Ель	-	70,0	0,255	2150	2,3	2	157	93
Осина	8,0	71,5	0,391	1050	1,4	-	79	21

*Для сравнения приведены данные для коры сосны.

интерес с точки зрения бумагообразующих свойств, то аналогичные массы из осины и, тем более березы, в этом отношении не имеют никаких перспектив – настолько низки прочностные показатели. В целом можно отметить, что как по выходу, расходу химикатов на варку, содержанию остаточного лигнина, так и по своим физико-механическим свойствам небеленые массы, полученные сульфатной варкой из коры указанных пород, намного уступают целлюлозе из древесины.

Небеленые сульфитные целлюлозные массы из луба имеют существенно худшие значения прочностных показателей по сравнению с сульфатными, и их, на наш взгляд, нельзя рассматривать в качестве реального компонента бумаг и картона.

Таблица 5

Характеристика исходного древесного сырья

Порода древесины	Плотность древесины в абс. сухом состоянии, кг/м³	Плотность коры, кг/м³		Содержание коры в древесине, %		Содержание в коре, мас. %		Содержание коры в 1 т неокоренного баланса, мас. %
		базисная	в абс. сухом состоянии	по объему	по массе	луба	корки	
Сосна	470	290	334	10,6	7,5	30	70	7,0
Ель	435	380	437	12,4	12,5	50	50	11,1
Лиственница сибирская	650	360	414	20	12,7	20	80	11,3
Осина	430	400	460	10,5	11,2	45	55	10,1
Береза	600	450	518	13,5	11,7	40	60	10,5

Таблица 6

Содержание древесины, корки и луба в 1 т неокоренного баланса, выход целлюлозы и удельный расход щелочи на 1 т получаемой массы

Порода древесины	Содержание в 1 т абс. сухого неокоренного баланса, кг			Общий выход массы из 1 т абс. сухой неокоренной древесины, кг	Выход целлюлозы, % от исходной абс. сухой окоренной древесины	Расход щелочи (в ед. Na_2O) на 1 т целлюлозы, кг		Относительный расход щелочи при варке, % от ее расхода при варке окоренной древесины	
	древесины	корки	луба			из окоренной древесины	из неокоренного баланса	неокоренной древесины	целлюлозы с отсортированной корой
Сосна	930,0 / 446,4	49,0 / 13,5	21,0 / 4,5	464,4	48,0	354,0	365,8	103,3	107,5
Ель	889,0 / 440,0	55,5 / 11,8	55,5 / 15,1	466,9	49,5	343,0	363,5	106,0	112,5
Лиственница сибирская	887,0 / 372,5	90,4 / 22,8	22,6 / 6,3	401,6	42,0	417,0	436,0	104,6	112,7
Осина	899,0 / 494,5	55,6 / 17,1	45,4 / 11,8	523,4	55,0	264,0	277,0	104,9	111,1
Береза	895,0 / 465,4	63,0 / 18,9	42,0 / 10,4	494,8	52,0	279,0	293,0	105,0	111,7

Примечание. В числителе приведены данные для щепы из неокоренной древесины, в знаменателе – для целлюлозной массы.

Исходя из полученных данных, можно сделать заключение, что кору (отходы окорки) нецелесообразно утилизировать в традиционных варочных процессах для получения целлюлозных масс.

Как отмечалось выше, присутствие менее 5 % коры не сказывается заметно на механических свойствах получаемой целлюлозы и расходе химикатов. Однако балансовая древесина в зависимости от породы содержит большее количество коры, и влияние этого фактора на расход щелочи оценено недостаточно. В табл. 5 приведены обобщенные значения средней плотности древесины в абс. сухом состоянии [7], объемное содержание коры и ее базисная плотность [4], а также полученные нами значения соотношений луба и корки в коре исследованных пород. Эти данные, а также приведенные в табл. 1 значения выхода массы из луба и корки позволили рассчитать количество целлюлозы из 1 т абс. сухого неокоренного баланса этих пород и расход щелочи (в единицах Na_2O) в зависимости от вида исходного сырья. Если в расчетах принять выход целлюлозы из луба и корки и расход щелочи на варку по данным табл. 1 и аналогичные показатели для древесины – по табл. 6, то при варке 1 т абс. сухой щепы из неокоренного баланса перерасход основного реагента по сравнению с варкой окоренной древесины будет колебаться от 3,3 (сосна) до 6,0 % (ель). Кроме того, если учесть, что частицы коры после варки будут в основном отсортированы из целлюлозы, то перерасход гидроксида натрия составит от 7,5 (сосна) до 12,7 % (лиственница). Согласно полученным данным, по-видимому, варка неокоренной древесины сосны, возможна, так как она содержит минимальное количество коры, из луба которой получается целлюлоза с более высокими, чем у других пород, прочностными свойствами. Однако это осуществимо, если целлюлоза не подвергается отбелке, а регламент не содержит ограничений по сорности.

Неокоренную лиственницу вследствие повышенного содержания в ней коры и крайне низких физико-механических показателей целлюлозных масс варить нецелесообразно. Это же относится и к сульфатной варке неокоренной древесины березы и осины.

Хочется подчеркнуть, что кору в целом вообще нельзя рассматривать как дополнительный источник волокнистой массы. В качестве такового может служить лубяная часть только некоторых пород.

При решении такого сложного вопроса, как проведение щелочной варки неокоренной древесины, следует принять во внимание и другие факторы, которые не рассмотрены в данной работе (повышенное пенообразование, абразивный износ, «гипсация» оборудования, особенно выпарной аппаратуры, повышенный расход электроэнергии при сортирвании целлюлозы и др.).

Вопрос о получении положительного эффекта от ликвидации основной части оборудования древесно-подготовительного отдела, расширения сырьевой базы и др. по сравнению с многочисленными негативными проявлениями, связанными с варкой неокоренной древесины, можно решить только при проведении самых тщательных технико-экономических расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гелес И.С. Теоретические основы некоторых направлений использования коры и отходов окорки // Фундаментальные исследования в области комплексного использования древесины: Тез. докл. IV-го Междунар. симпозиума ученых стран-членов СЭВ. - Рига, 1982. - С. 29 - 34. [2]. Гончаров Ю.А., Полещук Б.Б. Промышленный опыт использования 100 %-й древесины лиственницы на варку на Долинском заводе // Бум. пром-сть. - 1991. - № 11. - С. 10 - 11. [3]. Измайлова Н.Ф., Барминская Е.П., Богданова Г.П. Получение сульфитной вискозной целлюлозы из древесины с повышенным содержанием коры//Экспресс-информация «Целлюлоза, бумага и картон». - М., 1983. - Вып.3. - С. 10 -13. [4]. Изменчивость базисной плотности и процентного содержания коры и отходов окорки древесного сырья целлюлозно-бумажной промышленности / Т.М. Мадеева, И.А. Нахабцев, А.Х. Ошкаев, В.Н. Крылов // Химия и технология производства целлюлозы: Межвуз. сб. науч. тр. - Л., 1987. - С. 106 - 115. [5]. Иншаков М.Д. К вопросу о сульфатной варке неокоренной сосновой древесины: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Л., 1953.- 16 с. [6]. Направления развития способов производства волокнистых материалов // Экспресс-информация ЦБП. - 1977. - №9. - [4]. [7]. Непенин Н.Н. Технология целлюлоы. Т.1. Производство сульфитной целюлозы. - М.: Гослесбумиздат, 1956. - 748 с. [8]. Новый целлюлозный завод в Финляндии // Бум. пром-сть. - 1976. - № 4. - С.32. [9]. Симкин Г.Э. Традиция или необходимость? // Бум. пром-сть. - 1966. - № 8. - С. 24 - 25. [10]. Harder M.Z., Einspahr D.W., Parham R.A. Bark filrous yield for 42 pulp wood species // Tappi. - 1978. - Vol. 61, N 11. - P. 121 - 122. [11]. Palenjus I. Über die Diskrepanz zwisehen Zielsetzung und Möglichkeiten bei Aufschluβ - und Bleichprozessen unter Berücksichtigung des Umweltschutzes // Zellstoff und Papier. - 1976. - N 10.- S. 315 - 318. [12]. Poller S., Knappe R. Zur Kenntnis der Kiefernaltholzkrone der Rohstoffs für die Sulfatzellstoffindustrie-Auflereitung, Materialeigenschaften, AufschluβverRalten // Zellstoff und Papier. - 1990. - N 4. - S. 132 - 136.

Поступила 17 ноября 1995 г.

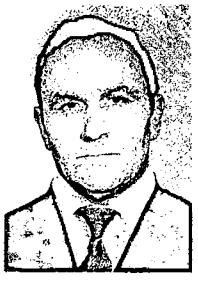
ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕССНОЙ ЖУРНАЛ 1999

УДК 630*863.6.004.14

Б.Д. ЛЕВИН, Ф.И. НАКРОХИН

Красноярская государственная технологическая академия

Левин Борис Давидович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры химической технологии древесины Красноярской государственной технологической академии. Имеет более 60 печатных работ в области процессов и аппаратов химической и биохимической технологии.



Накрохин Феликс Иннокентьевич родился в 1938 г., окончил в 1961 г. Сибирский технологический институт, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности Красноярской государственной технологической академии. Имеет около 10 научных трудов в области технологии высокомолекулярных соединений.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ СУШКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ХВОЙНЫХ*

Проведено сопоставление показателей экономичности, интенсивности процесса и сохранности биологически активных веществ при конвективной сушке и адсорбционно-контактном обезвоживании кормовых добавок.

Comparison of indices has been carried out relating to efficiency, intensity of the process and biologically active substances preservance under convective drying and adsorptive-contact dehydration of nutrient additives.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда науки, грант 4F0243.

В настоящее время продукты химической переработки древесины широко используют в качестве компонентов кормовых смесей для скота и птицы [4, 5]. Одним из них является хлорофилло-каротиновая паста, содержащая биологически активные вещества. Для решения проблем хранения, транспортировки, внесения в твердые корма возникает необходимость сушки кормовых добавок, что является сложной задачей, так как входящие в их состав провитамины представляют собой термочувствительные легкоокисляющиеся вещества.

С целью определить оптимальные методы и технологию получения воздушно-сухого продукта проведен сопоставительный анализ показателей процесса сушки смеси хлорофилло-каротиновая паста–соевый шрот (соотношение по массе 3:7) конвективным и адсорбционно-контактным способами [1, 2].

Целесообразные условия сушки гранулированной добавки (диаметр частиц 5...6 мм, длина 5...8 мм, начальная относительная влажность 20...23 %) имели место при следующих значениях режимных факторов:

конвективная сушка с перемешиванием материала (барабанная сушилка, сушильный агент – воздух) – начальная скорость сушильного агента V = 1 м/с, начальная температура сушильного агента t = 80 °С, частота вращения барабана n = 2 об/мин;

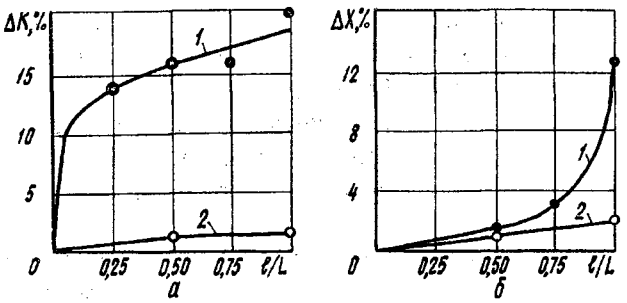
адсорбционно-контактная сушка с перемешиваним контактной массы (барабанная сушилка) – соотношение массовых расходов силикагель–кормовая добавка C = 2, частота вращения барабана n = 7 об/мин.

Показатели, характеризующие интенсивность и экономичность процесса, а также качество высушенного в этих условиях материала, представлены в таблице.

Показатели	Значение показателей	
	Конвективная сушка	Адсорбционно-контактная сушка
Конечная влажность смеси, %	12,4	17,2
Продолжительность пребывания в барабане, с	-	390
Напряжение барабана по влаге, кг/м^3·ч	28,1	35,7
Удельный расход тепла, кДж/кг	10 621	7 934
Потери, %:		
каротина	20,0	1,6
хлорофилла	12,6	2,1

Необходимо отметить, что удельный расход тепла при сушке сорбирующими телами определен как необходимый для регенерации силикагеля [3].

Как видно из таблицы, показатели адсорбционно-контактной сушки предпочтительнее. Исключение составляет лишь конечная влажность, величину которой удалось резко снизить (и параллельно достичь еще более благоприятных значений остальных показателей) путем уменьшения диаметра



Динамика потерь каротина (*а*) и хлорофилла (*б*) по длине сушилки: *1* – конвективная сушка; *2* – адсорбционно-контактная сушка

гранул до 4 мм. При этом основное сопротивление влагопереносу было заключено в отдающей фазе вследствие того, что необходимо было сорбировать связанную влагу из структуры, характеризующейся повышенной плотностью и малой пористостью после гранулирования.

Напряжение барабана по влаге при конвективной сушке на 28,0 % меньше, тогда как удельный расход тепла на 33,9 % больше, чем при адсорбционно-контактной. В эксперименте не удалось получить надежные данные о продолжительности пребывания материала в конвективной сушилке, однако то, что она кратно больше, чем при сушке сорбирующими телами, сомнений не вызывает. Подтверждением этому служит соотношение частот вращения барабана, в основном определяющих темп перемещения гранул в сушилке.

Наиболее примечательными являются результаты, характеризующие потери каротина ΔK и хлорофилла ΔX при обезвоживании. На рисунке показаны кривые динамики ΔK и ΔX в различных условиях. Видно, что при сушке в токе горячего воздуха рост потерь пигментов происходит скачкообразно: каротина – в начальной стадии, хлорофилла – в конечной.

При адсорбционно-контактном обезвоживании увеличение ΔK и ΔX протекает плавно, закон изменения этих факторов по длине сушильного тракта близок к линейному, а потери каротина и хлорофилла уменьшаются соответствнно в 12,5 и 6,6 раза.

Таким образом, сравнительный анализ показателей различных методов сушки кормовых добавок показал, что сушка сорбирующими телами – наиболее целесообразный путь получения воздушно-сухих термочувствительных и легкоокисляющихся материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Левин Б.Д. Адсорбционная сушка кормовых добавок // Лесн. журн. - 1991. - № 6. - С. 82 - 84. - (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Левин Б.Д. Конвективная сушка кормовых добавок // Лесн. журн. - 1989. - №6. - С. 92 - 97. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Левин Б.Д., Романченко П.Г. Регенерация поглотителя при сорбционной сушке материалов // Научно-технической и социальный прогресс лесопромышенного комплекса Восточно-Сибирского региона. - Красноярск, 1990. - С.186 - 190. [4]. Лес - сельскому хозяйству / А.Я. Калниньш,

А.Р. Вальдман, П.П. Андерсон и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 192 с. [5]. Репях С.М., Левин Э.Д. Кормовые добавки из древесной зелени. - М.: Лесн. пром-сть, 1988. - 96 с.

Поступила 5 февраля 1996 г.

УДК 541.1

И.Я. КИСЕЛЕВ

С.- Петербургская лесотехническая академия

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НЕКОТОРЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И ГЛИЦЕРИДОВ

Определены электрические свойства пленок жирных кислот (олеиновой, стеариновой) и глицеридов (триолеина, тристеарина).

The electric characteristics of aliphatic acids sheets (oleic, stearic acids) amd gliycerydes (triolein, tristearin) have been revealed.

Жирные ксилоты и глицериды относятся к природным полярным веществам. Листья древесных растений содержат насыщенные (лауриновую C_{12}, миристиновую C_{14}, пальмитиновую C_{16}, стеариновую C_{18}) и ненасыщенные (олеиновую $C_{18:1}$, линолевую $C_{18:2}$, линоленовую $C_{18:3}$, арахидоновую $C_{20:4}$) жирные кислоты [2].

В состав жидких растительных жиров (масел) входят, главным образом, ненасыщенные жирные кислоты,

В виде глицеридов эти кислоты находятся в льняном, конопляном, подсолнечном, ореховом и других маслах. Оливковое масло содержит глицерид триолеин [5].

Полярные молекулы жирных кислот, глицеридов, спиртов и других веществ можно представить в виде электрических диполей. Диполь характеризуется векторной величиной – электрическим моментом, который обычно используют для оценки полярности молекул.

Электрический момент диполя p химической связи определяется по формуле

$$p = e\,l,$$

где e – заряд электрона, $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Кл;

l – расстояние между центрами положительного и отрицательного зарядов в диполе, м.

Электрический момент диполя многоатомной молекулы равен геометрической сумме электрических диполей химических связей. Результат сложения зависит от структуры молекулы.

Таблица 1

Органические вещества	Электрический момент диполя молекулы $p \cdot 10^{-30}$, Кл · м
Жирные кислоты:	
лауриновая	5,70
миристиновая	5,74
пальмитиновая	5,84
стеариновая	5,80
олеиновая	4,84
линоленовая	5,04
Глицериды:	
трипальмитин	9,67
тристеарин	9,44
триолеин	10,27
Спирты:	
метиловый	5,54
этиловый	5,44
бутиловый	5,50

Электрические моменты диполей молекул некоторых жирных кислот, глицеридов и спиртов приведены в табл. 1 [7] .

Из данных табл. 1 видно, что полярность молекул жирных кислот и спиртов одинакова (p = (5...6) · 10^{-30} Кл·м) и соответствует O–H-связи. Полярность молекул глицеридов примерно в два раза выше полярности молекул жирных кислот и спиртов.

Малорастворимые полярные вещества обладают способностью самопроизвольно образовывать пленки на поверхности воды с ориентированными молекулярными слоями. При этом гидрофобные углеводородные радикалы молекул направлены внутрь пленки, образуя углеводородный слой. Гидрофильные полярные группы молекул проникают в водную фазу.

Цель данной работы — определить электрические свойства пленок в биологических растворах некоторых жирных кислот и глицеридов. Для эксперимента были использованы жирные кислоты (олеиновая и стеариновая), а также глицериды (триолеин и тристеарин). Были приготовлены изотонические (изоосмотические) биологические растворы с внутриклеточной и внеклеточной жидкостями.

Раствор, подобный внеклеточной жидкости, представлял собой 0,147-молярный водный раствор хлорида натрия, содержащий углекислотно-гидрокарбонатную буферную систему $H_2CO_3 - HCO_3^-$ (pK′ = 3,8).

Раствор, подобный внутриклеточной жидкости, представлял собой 0,147-молярный водный раствор хлорида калия, содержащий дигидрогидрофосфатную буферную систему $H_2PO_4^- - HPO_4^{2-}$ (pK′ = 7,2) [3, 4, 6].

Пленки получали за счет самопроизвольной адсорбции полярных молекул изучаемых веществ на поверхности графитового электрода.

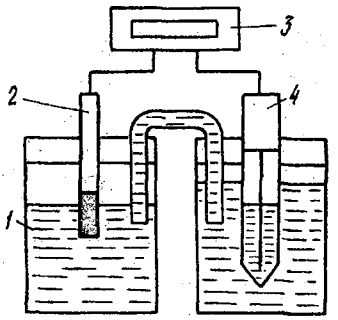


Рис. 1. Схема установки для измерения электродных потенциалов пленок: *1* – биологический раствор; *2* – графитовый электрод с пленкой; *3* – прибор для измерения напряжения; *4* – стандартный насыщенный хлор-серебряный электрод сравнения (E = +0,201 В)

Площадь поверхности, занимаемая одной молекулой жирной кислоты в поверхностном молекулярном слое пленки, $S_0 = 2{,}05 \cdot 10^{-19}$ м^2 [1].

На установке (рис. 1) определяли электродные потенциалы пленок, полученных на графитовом электроде. Через 30 с после погружения электрода в биологический раствор измеряли напряжение U на зажимах гальванического элемента. Величину электродного потенциала E пленки по отношению к нормальному водородному электроду сравнения определяли по формуле

$$E = 0{,}201 - U.$$

Контактные разности потенциалов в измерительной системе не учитывали. Результаты определений электродных потенциалов поверхности пленок исследуемых веществ в биологических растворах при температуре 20 °С приведены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что потенциалы пленок исследуемых веществ в биологических растворах с внеклеточной и внутриклеточной жидкостями соответственно изменяются в пределах + 0,42...+0,44 В и +0,40...+0,42 В.

В внеклеточной жидкости потенциалы пленок жирных кислот и глицеридов на 0,20 В больше, чем в внутриклеточной жидкости.

Знак потенциалов пленок исследуемых веществ положительный. Следовательно, поверхность пленок со стороны водной среды обладает связанным положительным электрическим зарядом, который создает электри-

Таблица 2

Органические вещества	Электродный потенциал пленки, В	
	Внеклеточная жидкость	Внутриклеточная жидкость
Жирные кислоты:		
олеиновая	+0,42	+0,40
стеариновая	+0,44	+0,42
Глицериды:		
триолеин	+0,42	+0,40
тристеарин	+0,44	+0,42

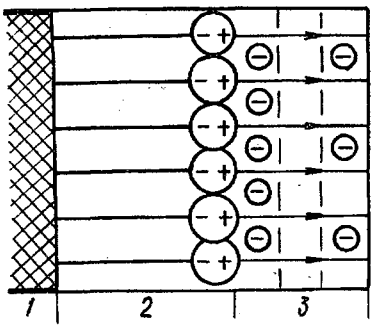


Рис. 2. Схема строения двойного электрического слоя на границе раздела пленка – раствор: *1* – графитовый электрод; *2* – молекулярный поверхностный слой жирной кислоты; *3* – биологический раствор

ческие диполи О–Н-связей карбоксильных групп жирных кислот и С– Н-связей глицериновых остатков глицеридов.

В растворе вблизи положительно заряженной поверхности пленки концентрируются хлорид-ионы (Cl^-) и компенсируют ее заряд. На границе раздела пленка–водный раствор образуется двойной электрический слой (ДЭС). Между пленкой и водным раствором возникает разность электрических потенциалов, которая называется просто потенциалом пленки. Потенциал является характеристикой электрического поля, которое обладает напряженностью $E_п$.

На рис. 2 показана неполная картина линий напряженности $E_п$ электрического поля в ДЭС. (Линии напряженности в ДЭС выходят из положительных зарядов диполей и заканчиваются на отрицательных.) Электрические диполи полярных групп молекул ориентированы в направлении поля. Направление вектора $E_п$ и линий напряженности перпендикулярно к поверхности пленки и эквипотенциальным поверхностям (эквипотенциальные поверхности показаны пунктиром).

Электрическое поле ДЭС пленки подобно полю плоского конденсатора. Напряженность такого поля [8]

$$E_п = \frac{\sigma}{\varepsilon_0},$$

где σ – поверхностная плотность электрического заряда, Кл/м^2;

ε_0 – электрическая постоянная, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Поверхностная плотность связанного электрического заряда

$$\sigma = \frac{e}{S_0} = \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19}}{2{,}05 \cdot 10^{-19}} = 0{,}78 \text{ Кл/м}^2.$$

В данном случае напряженность электрического поля поверхности пленки

$$E_п = \frac{0{,}78}{8{,}85 \cdot 10^{-12}} = 8{,}8 \cdot 10^{10} \text{ В/м}.$$

Таким образом, в результате выполненных расчетов проведена оценка электрических свойств пленок некоторых жирных кислот и глицеридов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия: Учебник для фарм. вузов и факультетов / Под ред. К.И. Евстратовой. - М.: Высш. шк., 1990. - 487 с. [2]. Киселев И.Я. Количественные изменения состава жирных кислот листьев клена остролистного в течение летнего периода // Лесн. журн. - 1992. - № 3. - С. 101 - 102. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3 т. Т. 2 / Пер. с англ. - М.: Мир, 1985. - 368 с. [4]. Неницеску К. Общая химия / Пер. с рум.; Под ред. А.В. Аблова. - М.. Мир, 1968. - 816 с. [5]. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А., Начала органической химии: В 2 кн. Кн. 1. - Изд. 2-е, перераб. - М.: Химия, 1974. - 624 с. [6]. Овчинников Ю.М. Биоорганическая химия. - М.: Просвещение, 1987. - 815 с. [7]. Осипов О.А., Минкин В.И., Гарновский А.Д. Справочник по дипольным моментам. - 3-е, изд. перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1971. - 416 с. [8]. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 2. Электричество. - М.: Наука, 1973. - 430 с.

Поступила 25 сентября 1995 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 674.8.003.13

В.И. МОСЯГИН

С.- Петербургская лесотехническая академия

Мосягин Владимир Ильич родился в 1939 г., окончил в 1963 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой бухгалтерского учета и анализа хозяйственной деятельности С.-Петербургской лесотехнической академии, член-корреспондент Международной академии наук высшей школы и действительный член Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Имеет более 150 печатных работ в области экономики, планирования и учета вторичных ресурсов и природоохранной деятельности.

ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ И ПОЛУЧАЕМУЮ ИЗ НИХ ПРОДУКЦИЮ

Оценка вторичных ресурсов, используемых в качестве топлива, должна рассматриваться как минимальная. Производство продукции из вторичных ресурсов целесообразно, если получаемая экономия больше, чем при использовании их как источника энергии.

Appraisal of secondary resources applied, as fuel should be treated as minimum one. The production based on secondary resources is economical, if cost saving obtained is more than it is when the secondary resources are used as the power source.

В действующих условиях хозяйствования предприятия самостоятельно устанавливают цены на свои товары и услуги. От правильности цен во многом зависит рентабельность предприятия, его конкурентоспособность, объем продаж и другие показатели хозяйственной деятельности [6]. Сопоставление цен с затратами предприятия является точным индикатором эффективности его деятельности и менеджмента.

Цена играет важную роль в рациональной утилизации вторичных ресурсов и получаемой из них продукции. Самый простой способ установления цен – это способ «турецкого базара», когда цены «нащупываются» при торге. Но такой эмпирический метод может обернуться грубым просчетом и серьезно подорвать финансовое состояние предприятия. Поэтому во

всех случаях нужно придерживаться научно обоснованных методов ценообразования.

В данной работе автор рекомендует методы ценообразования на вторичные ресурсы лесного комплекса, которые могут быть использованы на современном этапе развития рынка.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР), как известно, служат заменителями других видов топлива (или других видов энергоносителей). Это положение, как нам представляется, должно выступать оперирующим фактором стоимостной оценки ВЭР [1].

При использовании ВЭР для производства энергии они выступают заменителями традиционных видов топлива и представляют собой такую же ценность, как мазут, уголь, природный газ и т. п. Очевидно, и экономическая оценка должна базироваться на сопоставлении потребительских свойств ВЭР и заменяемых ими других видов топлива. При такой оценке определяющим фактором должна выступать заготовительная стоимость используемого на предприятии традиционного топлива ($C_т$) (с учетом расходов по доставке, хранению и подаче в производство).

Следует учитывать, что взаимозаменяемые виды топлива могут обладать идентичными качественными характеристиками, приводящими к однозначному потребительскому эффекту. В большинстве же случаев одна и та же потребность достигается использованием энергоносителей, неадекватных по потребительским свойствам. Отсюда возникает необходимость приведения ВЭР и традиционных видов топлива в сопоставимый по качественной однородности вид.

Важнейшим потребительским свойством любого источника тепла выступает теплота сгорания. Коэффициент теплоты сгорания ($K_{т.с}$) определяют по формуле

$$K_{тс} = \frac{B_{ВЭР}}{B_т},$$

где $B_{ВЭР}$, $B_т$ – низшая теплота сгорания соответственно ВЭР и традиционного топлива, ГДж/т.

При использовании разных видов топлива коэффициенты полезного действия котлоагрегатов ($K_{п.д}$), как правило, неодинаковы. Этот показатель можно представить отношением

$$K_{пд} = \frac{\eta_{ВЭР}}{\eta_т},$$

где $\eta_{ВЭР}$, $\eta_т$ – коэффициент полезного действия теплоагрегата соответственно при работе на ВЭР и заменяемом топливе.

Произведение приведенных показателей представляет интегральный коэффициент энергетической ценности $K_{эн}$:

$$K_{эн} = K_{т.с} \cdot K_{п.д}.$$

При сжигании разных видов топлива в атмосферу выбрасываются различные ингредиенты-загрязнители, которые наносят дифференцирован-

ный ущерб природной среде [3, 4]. Коэффициент экологической опасности $K_{эк}$ можно выразить формулой

$$K_{эк} = \frac{Y_т Q_т}{Y_{ВЭР} Q_{ВЭР}},$$

где $Y_{ВЭР}$, $Y_т$ – удельный ущерб, причиняемый природной среде соответственно при сжигании ВЭР и традиционного топлива, р./т;

$Q_{ВЭР}$, $Q_т$ – годовая потребность в ВЭР и традиционном топливе, т.

Сжигание вторичных энергетических ресурсов, как правило, требует дополнительных расходов ($З_д$). Это затраты по подготовке ВЭР к сжиганию (складывание древесных отходов, сбор жидких фракций, выпарка щелоков и т. п.), а также расходы по транспортировке и подаче ВЭР в котельную.

С учетом изложенного цену на вторичные энергетические ресурсы ($Ц_{ВЭР}$) можно определить по формулам:
для ВЭР, учитываемых в тоннах:

$$Ц_{ВЭР} = C_т K_{эн} K_{эк} - З_д;$$

для ВЭР, учитываемых в кубометрах:

$$Ц_{ВЭР} = C_т\, q\, K_{эн} K_{эк} - З_д,$$

где q – плотность ВЭР, т/м^3.

Если вторичные энергетические ресурсы заменяют на предприятии несколько видов традиционного топлива, отличающихся по заготовительной стоимости и потребительским свойствам, то сначала определяют среднюю заготовительную стоимость традиционных видов топлива ($C_т^{ср}$):

$$C_т^{ср} = \frac{\sum C_i Q_i}{\sum Q_i},$$

где C_i – заготовительная стоимость i-го вида топлива;

Q_i – годовая потребность в i-м виде топлива.

Затем вычисляют усредненные значения коэффициентов энергетической ценности ($K_{эн}^{ср}$) и экологической опасности ($K_{эк}^{ср}$):

$$K_{эн}^{ср} = \frac{\sum K_i^{п.д} Q_i}{\sum Q_i} \frac{\sum K_i^{т.с} Q_i}{\sum Q_i};$$

$$K_{эк}^{ср} = \frac{\sum Y_i^{т} Q_i}{Y_{ВЭР} Q_{ВЭР}},$$

где $K_i^{п.д}$ – коэффициент полезного действия теплоагрегата при сжигании i-го вида топлива;

$K_i^{т.с}$ – коэффициент теплоты сгорания для i-го вида топлива;

$Y_i^{т}$ – удельный ущерб, причиненный природной среде при сжигании i-го вида топлива.

Обозначения других показателей приведены ранее.

Тогда цена на вторичные энергетические ресурсы составит:
для ВЭР, учитываемых в тоннах:

$$Ц_{ВЭР} = C_{т}^{ср} \; K_{эн}^{ср} K_{эк}^{ср} - З_{д};$$

для ВЭР, учитываемых в кубометрах:

$$Ц_{ВЭР} = C_{т}^{ср} \; q \, K_{эн}^{ср} K_{эк}^{ср} - З_{д}.$$

Пример расчета приведен в табл.1.

Таблица 1

Пример расчета цены древесных отходов, используемых в качестве топлива

Показатель	Значение показателя	Расчет
Годовое количество используемых на предприятии традиционных видов топлива, тыс. т:		
мазут	11	–
уголь	22	–
Потребное количество древесных отходов, используемых в качестве ВЭР, тыс. т	82	–
Заготовительная стоимость традиционных видов топлива, р./т:		
мазут	57 200	
уголь	14 400	
Средняя	28 700	$\frac{57\,200 \cdot 11 + 14\,400 \cdot 22}{11 + 22}$
Теплота сгорания, ГДж/т:		
мазут	42,0	–
уголь	24,0	–
древесные отходы	12,2	–
Коэффициент полезного действия теплоагрегата:		
мазут	0,86	–
уголь	0,83	–
древесные отходы	0,82	–
Удельный ущерб, причиняемый природной среде при сжигании топлива, р./т:		
мазут	4100	–
уголь	6200	–
древесные отходы	2200	–
Коэффициент теплоты сгорания:		
мазут	0,290	12,2 : 42,0
уголь	0,508	12,2 : 24,0
Средний	0,435	$\frac{0{,}290 \cdot 11 + 0{,}508 \cdot 22}{11 + 22}$

Продолжение табл. 1.

Показатель	Значение показателя	Расчет
Средний коэффициент полезного действия теплоагрегата при сжигании традиционных видов топлива	0,84	$\frac{0{,}86 \cdot 11 + 0{,}83 \cdot 22}{11 + 22}$
Сравнительный коэффициент полезного действия теплоагрегата:		
мазут	0,953	0,82 : 0,86
уголь	0,988	0,82 : 0,83
Средний	0,976	$\frac{0{,}935 \cdot 11 + 0{,}988 \cdot 22}{11 + 22}$
Средний коэффициент энергетической ценности	0,82	0,84 · 0,976
Средний коэффициент экологической опасности	1,006	$\frac{4100 \cdot 11 + 6200 \cdot 22}{22 \cdot 82}$
Плотность древесины, т/м^3	0,64	–
Дополнительные расходы, связанные с утилизацией древесных отходов в качестве топлива, р./м^3	4050	–
Цена 1 м^3 древесных отходов, р.	11 100	28 700 · 0,64 · 0,82 · 1,006 - 4050

Вторичные материальные ресурсы (ВМР) оцениваются, с одной стороны, как ВЭР, с другой – иначе. Это объясняется тем, что одни и те же вторичные ресурсы лесного комплекса в большинстве случаев могут использоваться в качестве как ВЭР, так и ВМР. Вместе с тем потребительские свойства ВЭР и ВМР различны. В первом случае главным потребительским свойством выступает способность давать энергию, во втором – получать промышленную продукцию. Потребительские свойства ВМР выше, чем ВЭР. При сжигании ВЭР по сути используется одно их свойство – теплота сгорания. При утилизации ВМР проявляется комплекс различных свойств. Так, гидролизный лигнин сжигается в котельной или направляется на производство углеродсодержащих материалов. При сжигании лигнина оценивается его теплота сгорания, а при переработке на уголь несколько полезных свойств: возможность пиролиза, способность аккумулировать углерод, гранулироваться без связующих материалов и др. В первом случае лигнин заменяет топливо, во втором – обладающий высокими потребительскими свойствами дорогостоящий древесный уголь. А продукт с большей потребительской стоимостью, как правило, имеет и более высокую цену.

Из сказанного следует, что оценку ВМР в качестве топлива следует рассматривать как минимальную. Другими словами, цена ВМР не должна быть ниже экономической оценки их энергетического потенциала. Организация производства продукции из вторичных ресурсов может быть признана экономически целесообразной лишь в том случае, если обеспечивается экономия не меньше той, которую предприятие могло бы получить при использовании таких ресурсов, как источники энергии.

Естественно, возникает вопрос, какой должна быть цена на ВМР и как она устанавливается. С нашей точки зрения, цену определяют по принципу равенства цен на равнокачественные ресурсы при условии равенства других ценообразующих факторов. Поэтому обоснование цены на ВМР предполагает изучение состояния рынка таких ресурсов, условия поставки ВМР, а главное – оценку их потребительских свойств. Для этой цели используют цены на заменяемые виды ресурсов и оценивают показатели качества сравниваемых товаров. В наиболее простом случае все сопоставляемые характеристики сравниваемых видов ресурсов совпадают, например лигниновый и древесный наполнители в производстве плиточных материалов. В реальной действительности отдельные технико-экономические параметры реализуемых ресурсов обычно отличаются друг от друга, например древесные отходы и кондиционное древесное сырье. В этом случае цену на ВМР устанавливают по формуле

$$Ц_{ВМР} = Ц_{д.с} \frac{Y_{ВМР}}{Y_с} - З_д,$$

где $Ц_{д.с}$ – стоимость древесного сырья;

$Y_с$, $Y_{ВМР}$ – удельный расход исходного сырья и древесных отходов на единицу продукции;

$З_д$ – дополнительные расходы, вызванные использованием древесных отходов вместо заменяемого древесного сырья (затраты на их сбор, хранение, транспортировку к месту переработки).

Если вторичные материальные ресурсы и заменяемые ими традиционные материалы различаются по многим признакам полезности, то цена на ВМР зависит от разницы соответствующих признаков (параметров) и их весомости (роли) в формировании цены [5]. Зависимость цены на ВМР от каждого потребительского свойства в общем виде выражается формулой

$$Ц_{ВМР} = Ц_{тр} \frac{T_{ВМР}}{T_с} a,$$

где $Ц_{тр}$ – цена традиционного (заменяемого) ресурса;

$T_{ВМР}$, $T_{тр}$ – параметр потребительского свойства соответственно ВМР и традиционного ресурса;

a – удельный расход данного параметра в цене изделия (его весомость).

Основной аргумент против такого подхода к оценке ВМР – мнение о неправомерности установления различных цен на один и тот же вид ВМР. С такой точкой зрения нельзя согласиться, ведь потребляются далеко не все свойства конкретного вида ВМР. Например, при химической переработке гидролизного лигнина, где используется его строение (наличие ароматических структур), присутствие примесей полисахаридов нежелательно, при использовании же этого лигнина для производства активированных углей данное свойство значения не имеет. Другой пример: осадок сточных вод, содержащих кальций,– хорошее удобрение для кислых почв, а для щелоч-

ных и нейтральных почв присутствие этого элемента в осадке необязательно или даже нежелательно. Потребитель ВМР в каждом конкретном случае оценивает товар в зависимости от удовлетворения своих требований. А эти требования к одному и тому же виду ВМР различны, поскольку в процессе потребления могут регулироваться его свойства все или не все, полностью или частично. К тому же в рыночной экономике цены на один и тот же вид ВМР колеблются даже при неизменном уровне его потребительной стоимости.

Формирование цены на продукцию из вторичных материальных ресурсов (*Ц*) предполагает, как минимум, учет трех ценообразующих факторов: стоимостную оценку ВМР, выступающих в качестве сырья в производстве продукции ($Ц_{ВМР}\,\alpha$); себестоимость переработки ВМР в соответствующий вид продукции ($З_{пр}$); норму прибыли (*П*). Отсюда структура цены имеет вид

$$Ц = Ц_{ВМР}\,\alpha + З_{пр} + П,$$

где α – расход ВМР на единицу продукции.

Этот подход к ценообразованию наиболее прост и доступен. Однако такая цена не учитывает особенностей текущего спроса и конкуренции и может не удовлетворить потребителя продукции из ВМР. Ведь последнего интересуют не затраты производителя, а его результаты, т. е. качество продукции и степень удовлетворения своих потребностей. Если производитель стремится к максимизации цены и получению большей прибыли, то потребитель, напротив, заинтересован в приобретении высококачественного товара по низкой цене.

Мы предлагаем две крайние оценки продукции из ВМР: минимальную и максимальную. Компромиссная цена, уравновешивающая интересы как производителя, так и потребителя, находится между предельными оценками.

При исчислении минимальной цены $Ц_{min}$ необходимо исходить из условия ее равенства значению, при котором производителю продукции из ВМР обеспечивается лишь возмещение издержек и не гарантируется получение какой-либо экономической выгоды в результате организации ее производства. Математически это требование выражается формулой

$$Ц_{min} = Ц_{ВМР}\,\alpha + З_{пр}.$$

При установлении цены на максимально допустимом уровне $Ц_{max}$ потребителю продукции из ВМР должна быть обеспечена равновыгодность ее приобретения и использования традиционных материалов. Это требование выражается формулой

$$Ц_{max} = Ц_{т} + Э,$$

где $Ц_{т}$ – цена традиционного товара, заменяемого продуктом из ВМР;

Э – сумма экономии от замены традиционного товара продуктом из ВМР.

В свою очередь, экономия от замены традиционного товара продуктом из ВМР в общем виде определяется по формуле [2]:

$$Э = \Delta C + \Delta З + Э_к + Э_{эк} + Э_с,$$

где ΔC – изменение текущих издержек у потребителя при использовании им продукта из ВМР взамен традиционного;

$\Delta З$ – изменение отчислений от сопутствующих капитальных вложений потребителя;

$Э_к$ – экономия от повышения качества конечной продукции, изготовляемой из продукции ВМР;

$Э_{эк}$, $Э_с$ – экологический и социальный эффекты, обусловленные заменой традиционного изделия продуктом из ВМР.

Тогда цена на продукцию из ВМР, которая отвечала бы интересам производителей и потребителей,

$$Ц = Ц_{min} + Э\,K_э,$$

где $K_э$ – коэффициент учета экономии (Э) в цене (Ц).

Коэффициент распределения экономии, на наш взгляд, должен учитывать интересы производителей и потребителей, заинтересованность каждой стороны в улучшении своей экономики.

Пример расчета приведен в табл.2.

Таблица 2

Пример расчета цены на уголь из лигнина

Показатель	Значение показателя	Расчет
Цена 1 т древесного угля (традиционного продукта), тыс. р.	350	–
Стоимость 1 т лигнина, тыс. р.	5,5	–
Расход лигнина на 1 т угля, т	8,2	–
Себестоимость переработки 1 т лигнина на гранулированный уголь, тыс. р.	260,6	–
Минимальная цена 1 т угля из лигнина, тыс. р.	305,7	5,5 · 8,2 + 260,6
Экономия от замены древесного угля углем из лигнина на 1 т последнего, тыс. р., за счет снижения:	90,5	–
себестоимости конечного продукта (сероуглерода)	58,0	–
фондоемкости сероуглеродного производства	11,2	–
экологического ущерба	21,3	–
Максимальная цена 1 т угля из лигнина, тыс. р.	440,5	350 + 90,5
Коэффициент распределения экономии	0,7	–
Цена 1 т угля из лигнина, тыс. р.	369	305,7 + 90,5 · 0,70

Изложенный подход к обоснованию цены на продукцию из ВМР учитывает интересы не одной стороны, а одновременно производителя и потребителя. Цену, направленную на принятие компромиссного решения, называют договорной (контрактной). Рыночную цену, в формировании которой участвует множество производителей и покупателей, устанавливает рынок. При этом равновесие достигается под воздействием многих факторов, важнейшим из которых выступают спрос и предложение. Не исключено, что на устойчивость рынка товаров, полученных из вторичных ресурсов, могут оказывать влияние государственные структуры в целях стимулирования экономии первичного сырья, утилизации производственных отходов, снижения экологической опасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Мосягин В.И. Вторичные ресурсы целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности. - М.: Лесн. пром-сть, 1987. - 200 с. [2]. Мосягин В.И. Ценообразование в деревообрабатывающей промышленности // Экономика деревообрабатывающей промышленности. - М.: Экология, 1991. - С. 286 - 306. [3]. Мосягин В.И. Охрана природы в отраслях химической переработки древесины. - М.: Экология, 1992. - 192 с. [4]. Мосягин В.И., Мугандин С.И. Организация, планирование и управление на деревообрабатывающих и лесохимических предприятиях. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 352 с. [5]. Пунин Е.И. Маркетинг, менеджмент и ценообразование на предприятиях (в условиях рыночной экономики). - М.: Международные отношения, 1993. - 112 с. [6]. Цены и ценообразование в рыночной экономике / Под ред. В.Е. Есипова. - СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1994. - 140 с.

Поступила 18 февраля 1997 г.

УДК 630*903

В.Н. ПЕТРОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Петров Владимир Николаевич родился в 1961 г., окончил в 1984 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики лесного комплекса С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 26 печатных трудов в области экономики лесного хозяйства и лесной политики.

ЭКОНОМИКО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЪЕКТОВ И СУБЪЕКТОВ ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Рассмотрено содержание объектов и субъектов лесных отношений в свете нового законодательства. Дано определение лесным отношениям с экономической, юридической и лесохозяйственной точек зрения.

The objects and subjects of forest relations are presented in view of current legislation. Forest relations are defined from the economic, forestry and legal points of view.

Взаимодействие общества и природы в настоящее время проявляется в двух основных формах общественных отношений: использовании природных ресурсов и охране природы. Использование природных ресурсов выражает экономические интересы пользователей, направленные на удовлетворение их материальных потребностей или получение услуг. Охрана природы выражает экологические интересы общества, которые заключаются в сохранении качества и многообразия окружающей природной среды [2]. Эти интересы находятся в постоянном противоречии. Оно объясняется тем, что использование природных ресурсов пользователем базируется на основе таких же экономических законов, как и в индустриальном производстве, а деятельность по охране природных ресурсов опирается на биологические и естественные законы развития природы.

Интересы лесхозов и леспромхозов аналогичны, так как первые работают в основном в области биологического, а вторые – механического производства. Задача государства заключается в согласовании и регулировании интересов субъектов природоресурсных отношений. В области лесных отношений это достигается через проведение в жизнь лесной политики государства, которая состоит в правовом, организационном и финансово-экономическом регулировании в области лесных отношений [3].

Отношения, возникающие по поводу владения, пользования, распоряжения лесным фондом, его охраны, защиты и воспроизводства, есть лесные отношения. С лесохозяйственной точки зрения лесные отношения представляют собой отношения по поводу пользования лесом, его восстановления, охраны и защиты; с юридической – связанные с владением, пользованием и распоряжением лесным фондом; с экономической – с распределением дохода от пользования лесным фондом между субъектами этих отношений. Во всех этих определениях общим является наличие субъектов лесных отношений, без которых не может быть самих отношений. Рассмотрим подробнее объекты и субъекты лесных отношений.

Объекты лесных отношений. К ним относится лесной фонд, а также права пользования им. В Основах лесного законодательства не было статей, посвященных объектам лесных отношений и их оборотоспособности. Гражданский кодекс РФ (ст. 128) к объектам гражданских прав относит

имущественные права, что дает основание причислять к объектам лесных отношений также права пользования лесным фондом.

Лес – понятие многогранное. Его можно рассматривать в естественноисторическом аспекте (как природное явление), юридическом (объект гражданского права), экономическом (экономическое явление) и др. При самом общем рассмотрении лес представляет собой естественный продукт земли. Он занимает определенную площадь земли. Поэтому владение лесом всегда предполагает владение и тем земельным участком, на котором он произрастает, чего нельзя сказать о пользовании лесом. Из этого вытекает основное положение для лесных отношений: лес должен рассматриваться в его вещном отношении к земле.

С экономической и юридической точек зрения земля и все, что неразрывно с ней связано, признается недвижимостью. В Гражданском кодексе РФ [1] в ст. 130 записано: «К недвижимым вещам (недвижимое имущество, недвижимость) относятся земельные участки, участки недр, обособленные водные объекты и все, что прочно связано с землей, т. е. объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно, в том числе леса, многолетние насаждения, здания, сооружения...» Деление вещей на движимое и недвижимое имущество изначально объяснялось физическими свойствами вещей – их переносимостью или непереносимостью (римское право). Но с течением времени физические свойства вещей стали отходить на задний план, и их стала заменять общественно-экономическая функция этих вещей. На передний план начало выступать натуральное хозяйство, связанное с земледелием. Землю отождествляют с границами государства или его отдельными административными единицами. Так, в немецкой юридической терминологии до сих пор употребляется термин «земские законы», хотя по своей сути это те же государственные законы. Собственность на землю, особенно ее экономическое значение, делали землю недвижимым имуществом особого рода [4]. Основанием для такого выделения послужили следующие основные свойства земли.

1. Иммобильность. В противоположность другим хозяйственным объектам земля иммобильна и не может по желанию ее владельца перемещаться в другие места.

2. Пространственная протяженность. Это свойство порождает дополнительные транспортные расходы для отраслей, занимающихся пользованием землей (лесное, сельское хозяйство). Их следует учитывать при любом экономическом рассмотрении земельных участков. Пространственная протяженность играет большую роль при формировании цен на землю, особенно для участков, различных по положению, но заключенных в одну границу.

3. Неразрушимость. С географической точки зрения это свойство верно, но с экономической вызывает подозрение. Так, производительность отдельных земельных участков в результате внешнего воздействия может быть значительно снижена. Следовательно, можно утверждать о частичной

или полной разрушимости земельных угодий при каком-либо виде пользования землей.

4. Невозможность увеличения (размножения). Данное свойство не вызывает сомнения, здесь необходимо лишь отметить возможность трансформации одного вида пользования землей в другой.

В настоящее время взгляд на землю как недвижимость не изменился. Более того, в силу эффекта постоянного вздорожания и других свойств земля как объект недвижимости занимает господствующее положение. Можно предположить, что и в будущем оно сохранится.

Как было указано, лес физически связан с землей так неразрывно, что отделение от земли превращает его в новый продукт – древесное сырье. Это может служить основанием для отнесения леса на корню к недвижимым имуществам.

В гражданском законодательстве РФ различается главное имущество и его принадлежность (ст. 135 ГК РФ). Там, в частности, записано, что вещь, связанная с главной вещью, следует ее судьбе. Отсюда лес может рассматриваться как принадлежность к главной вещи – земле. Это, на первый взгляд понятное, разграничение требует пояснений. Имущество, имеющее самостоятельное значение и ценность, признается главным; служебное – принадлежностью. Принадлежность как бы дополняет пользование главной вещью. Для лесного и сельского хозяйства это вполне справедливо, так как эту деятельность можно характеризовать как один из видов пользования землей. С юридической точки зрения речь идет о пользовании главным имуществом. Если имущество состоит из главной вещи и ее принадлежности, например лесоземельное угодие, то право собственности на последнюю принадлежит тому же лицу, что и на главную вещь. Следовательно, переход права собственности от одного лица к другому на главную вещь означает переход права собственности и на принадлежность. Связь леса с землей необходима, поэтому пока лес стоит на корню, он самостоятельному обороту не подлежит. Растущий лес всегда разделяет судьбу главной вещи – земли.

В то же время лес как принадлежность поставляет наряду с пользованием древесиной множество других полезностей (грибы, ягоды, социальные услуги и т. п.), существующих и возникающих только при условии существования вещи принадлежностной – леса. По этому поводу ст.136 ГК РФ гласит: «Поступления, полученные в результате использования имущества (плоды, продукция, доходы), принадлежат лицу, использующему это имущество на законном основании...» Земля относится к главному имуществу, лес является принадлежностью, а связанное с ним право различных пользований лесом, иногда во многом превышающих стоимость самого леса, относится к категории «плоды, продукция и доходы». Поэтому лес можно признать главным объектом лесных отношений.

С позиций гражданского законодательства можно отметить следующие особенности леса как имущества принадлежностного.

1. Лес в отличие от других подобных видов имущества с течением времени изменяется как количественно, так и качественно.

2. Стоимость леса как имущества находится в постоянном движении.

3. Она основывается не на затратах на создание, а на приносимом доходе или его полезных свойствах.

4. Лес как имущество не является однородным предметом, как, например, зерновые культуры.

5. Несмотря на то, что лес является принадлежностным имуществом, стоимость главного имущества – земли определяется стоимостью леса или поступлениями от его использования. В сельском хозяйстве стоимость главной вещи – земли является определяющей по отношению к урожаю. Учитывая различное плодородие лесных и сельскохозяйственных земель, надо полагать, что и ставки земельного налога в этих отраслях должны быть различными.

Субъекты лесных отношений. Согласно ГК РФ участниками отношений являются граждане (физические лица) и юридические лица. В регулируемых гражданским законодательством отношениях могут участвовать также Российская Федерация, субъекты Российской Федерации и муниципальные образования (ст. 2). Применительно к отношениям по поводу пользования лесным фондом, его воспроизводству, охране и защите можно выделить следующие группы субъектов лесных отношений: лесопользователи (юридические лица, в том числе иностранные и физические лица, обладающие правом пользования лесным фондом); специально уполномоченные органы управления лесным хозяйством (государственный орган управления лесным хозяйством Российской Федерации, подведомственные ему подразделения в республиках в составе Российской Федерации, автономных областях, автономных округах, краях, областях, Москве, С.-Петербурге и местные подразделения – лесхозы и лесничества) и общество.

Леспромхоз как основной лесопользователь и субъект лесных отношений согласно существующему законодательству (ст. 50 ГК РФ) может быть признан имущественным комплексом, используемым для осуществления предпринимательской деятельности (ст. 132). Подобные юридические лица преследуют основную цель – извлечение прибыли, т. е. леспромхоз можно классифицировать как коммерческую организацию (ст. 50).

Субъекты группы лесных отношений, представленной специально уполномоченными органами управления лесным хозяйством, не преследуют цели извлечения прибыли и поэтому согласно ст. 50 ГК РФ могут быть отнесены к некоммерческим организациям. Содержание функций, возложенных на лесхозы, носящих как производственный (проведение рубок ухода, создание минерализованных полос и т. п.), так и непроизводственный характер (управление лесами, отчуждение и приемка земель и т. п.), дает основание относить лесхозы к учреждениям (ст. 120). Поскольку фактическим собственником лесного фонда на сегодня остается государство, то оно делегирует лесхозу как специально уполномоченному органу управления лесами (имуществом) лишь право владения последним. Это вполне согласуется со ст. 296 ГК РФ, где записано: «...Учреждение в отношении закрепленного

за ним имущества осуществляет в пределах, установленных законом, в соответствии с целями своей деятельности, заданиями собственника и назначением имущества права владения, пользования и распоряжения им». Существующее положение таково, что в роли собственника лесов (имущества) выступает государство, осуществление функций по управлению имуществом, его владением оно передает лесхозам. Затраты на выполнение этих функций собственник финансирует почти полностью. Речь идет о сметно-бюджетном финансировании, которое существует в лесном хозяйстве без принципиальных изменений с 1924 г. При наличии только государственной собственности на леса такое положение с экономико-юридической точки зрения представляется вполне логичным.

В основных положениях государственной программы приватизации государственных и муниципальных предприятий в Российской Федерации после 1 июля 1994 г. однозначно записано, что недра, лесной фонд и водные ресурсы, находящиеся в государственной собственности субъектов РФ или в совместной собственности РФ и соответствующего субъекта РФ либо в федеральной собственности, относятся к объектам, приватизация которых запрещена.

Исходя из существующего законодательства можно сделать вывод о доминировании в России в ближайшем будущем государственной собственности на леса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гражданский Кодекс Российской Федерации. - СПб.: НИЦ «Альфа», 1994. - 304 с. [2]. Петров В.В. Природоресурсовое право и правовая охрана окружающей среды. - М.: Юрид. лит., 1988. - 511 с. [3]. Петров В.Н. О лесной политике // Лесн. хоз-во. - 1995. - № 4. - С. 16 -17. [4]. Петров В.Н. Об экономической природе леса // Лесн. хоз-во. - 1996. - № 1. - С. 24 - 26.

Поступила 10 ноября 1996 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630*902

К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЮРИЯ ЯКОВЛЕВИЧА ДМИТРИЕВА

8 мая 1999 г. исполнилось бы 80 лет ведущему ученому России в области лесотехнической науки, заведующему кафедрой водных ресурсов Марийского государственного технического университета Юрию Яковлевичу Дмитриеву.

Ю.Я. Дмитриев родился в 1919 г. на станции Великая Вятской губернии в многодетной семье лесничего. Его жизнь и судьба типичны для поколения, которое в детстве пережило голод 1933 г., рано повзрослело, осиротело, перенесло все тяготы войны 1941 – 1945 гг., послевоенную разруху.

Получив среднее образование в Кировской средней школе, Юрий Яковлевич в 1938 г. поступил в Ленинградскую лесотехническую академию. Не закончив вуза, ушел добровольцем на Ленинградский фронт. Воевал до Дня Победы сначала разведчиком, затем старшиной радистов отделения разведки артдивизиона Балтийского ВМФ. Судьба сберегла ему жизнь, но он остался инвалидом войны, что долго скрывал, не желая соболезнований и жалости. За проявленный героизм и мужество Юрий Яковлевич награжден орденом «Красная звезда» и 11 медалями.

После демобилизации в 1946 г. Ю.Я. Дмитриев продолжил учебу в ЛТА, которую закончил в 1948 г. Трудовой путь Юрий Яковлевич начал в Пермской области старшим инженером и начальником участка Иньвенского сплавного рейда, затем работал главным инженером и директором Ново-Ильинского сплавного рейда, начальником производственно-технического отдела треста Камлесосплав, совмещая производственную деятельность с научной. Он внедрил в производство самоходный плавающий агрегат по оснастке и ремонту плотов, а также маячный прикол для переформирования плотов.

Научную деятельность Ю.Я. Дмитриев продолжил в 1953 г. аспирантом кафедры водного транспорта леса ЛТА. Одновременно он

занимался преподавательской работой: ассистент кафедры ВТЛ, старший преподаватель ЛИЭИ, преподаватель ИПК бумажной промышленности.

После окончания аспирантуры в 1957 г. Юрий Яковлевич продолжил научно-педагогическую деятельность на кафедре водного транспорта леса и гидравлики Поволжского лесотехнического института, где проработал свыше 40 лет. Защитив кандидатскую и докторскую диссертации, профессор Ю.Я. Дмитриев активно готовил инженерные и научные кадры для лесной промышленности, был заведующим кафедрой, деканом лесоинженерного факультета, проректором по научной работе. В течение 3 лет возглавлял Ставропольский политехнический институт. Он создал научную школу, подготовил 38 докторов и кандидатов технических наук. Юрий Яковлевич избран почетным профессором Марийского и Ставропольского государственных технических университетов, Почетным гражданином г. Йошкар-Олы.

Профессор Ю.Я. Дмитриев систематически вел научные исследования по созданию искусственных потоков для продвижения лесоматериалов по рейдам и лесоперевалочным базам, гидравлической окорке древесины, совершенствованию работы лесоперевалочных предприятий, береговой сплотке лесоматериалов, проектированию и сооружению береговых плотбищ, очистке водохранилищ от затонувшей древесины и др. Много внимания он уделял экологическим проблемам, рациональному использованию биомассы дерева. По заданию Правительства Марийской Республики Ю.Я. Дмитриев руководил целевой комплексной программой «Марийский лес», а также работами по экологии рек, озер, водохранилищ. Главным увлечением ученого оставались исследования гидравлических струй во взаимодействии с лесоматериалами. Им опубликовано более 200 научных работ, из них 11 монографий, 4 учебника, получено 25 авторских свидетельств на изобретения – богатейшее наследие для студентов, инженеров, аспирантов, будущих ученых. Написанные при участии Ю.Я. Дмитриева монографии «Гидравлические ускорители на лесосплаве», «Гидравлическая окорка древесины», «Совершенствование работы лесоперевалочных предприятий», «Проектирование, строительство и эксплуатация плотбищ», «Динамические средства освоения водных ресурсов лесных комплексов» являются основополагающими исследованиями на стыке наук гидродинамики, лесосплава и экологии.

В 1993 г. Ю.Я. Дмитриев избран действительным членом Российской академии естественных наук и являлся инициатором организации Отделения, а затем Секции наук о лесе РАЕН, ее первым председателем. Он активно способствовал созданию и работе ее региональных отделений по всей России, особенно Волго-Вятского отделения наук РАЕН с центром в г. Йошкар-Оле. До последних дней академик Ю.Я. Дмитриев был директором созданного им Академического научно-исследовательского института управления лесобиологическим

потенциалом России, стоял у истоков формирования диссертационного совета К 064.30.02 в качестве заместителя председателя.

Юрий Яковлевич – крупный общественный и политический деятель. В 1990 г. был избран депутатом Верховного Совета Российской Федерации, председателем подкомитета по экологии человека. Под его руководством был подготовлен ряд законов по природообустройству и охране человека. Активно работал Юрий Яковлевич в «Лесном журнале», где многие годы был членом редколлегии, рецензентом и автором научных статей.

Академик Ю.Я. Дмитриев за заслуги в области науки и подготовки научных и инженерных кадров для лесной промышленности награжден орденом «Знак Почета», 20 медалями, почетными и нагрудными знаками. Он удостоен почетных званий заслуженного деятеля науки и техники РСФСР и МАССР, посмертно оставлен почетным председателем Секции наук о лесе Российской академии естественных наук. До последних дней своей жизни академик Ю.Я. Дмитриев – неутомимый исследователь и наставник сплавщиков, лесопромышленников, природопользователей – трудился на благо лесопромышленного факультета МарГТУ, который еще в годы юности стал для него стартовой площадкой в мир любимой науки о российском лесе и сплавных реках.

Умер Юрий Яковлевич на 79-м году жизни, 9 ноября 1997 года. Он прожил славную жизнь, много работал, много сделал, много оставил. Мы благодарны своему учителю за полученные знания, привитую любовь к научному поиску, творческое отношение к подготовке инженерных и научных кадров для народного хозяйства России.

Г.С. Ощепков, Ю.А. Ширнин, В.Я. Полянин, П.Ф. Войтко
Марийский государственный технический университет

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

ЮБИЛЕЙ АКАДЕМИКА Э.Н. САБУРОВА

В феврале 1999 г. исполнилось 60 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой теплотехники, проректора по научной работе Архангельского государственного технического университета, заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации, почетного работника высшего профессионального образования России, действительного члена РАЕН, РИА, МИА, МАНЭБ Эдуарда Николаевича Сабурова.

В 1961 г. он окончил Архангельский лесотехнический институт по специальности «Промышленная теплоэнергетика» и два года работал дежурным инженером на Соломбальской ТЭЦ управления Архэнерго. С 1963 г. Э.Н. Сабуров – аспирант кафедры теоретических основ теплотехники Ленинградского политехнического института. В 1967 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию, в 1991 г. – докторскую.

В Архангельском лесотехническом институте Э.Н. Сабуров работает с 1967 г. сначала старшим преподавателем, а затем заведующим кафедрой теплотехники, которую возглавляет и в настоящее время. В течение восьми лет (с 1972 г. по 1980 г.) Эдуард Николаевич – декан факультета промышленной энергетики, в 1980–1983 гг. его избирают секретарем парткома института. С 1985 г. и по сегодняшний день он – проректор по научной работе.

Э.Н. Сабуров – известный ученый в области проблем интенсификации технологических и тепломассообменных процессов на основе циклон-

ного принципа. Для решения теоретических и прикладных задач Министерством высшего и специального образования РСФСР в 1986 г. в АЛТИ открыта и функционирует под руководством Э.Н. Сабурова региональная научно-исследовательская лаборатория «Интенсификация тепломассообменных процессов закрученными потоками». Фундаментальные исследования, выполненные им и его учениками, позволили создать ряд современных технологических разработок, направленных на повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и охрану окружающей среды. Результаты работ использованы ВНПО «Союзпромгаз», ВНИПИ «Теплопроект», ЦНИИМЭ при создании и внедрении высокоэффективных циклонных печей со сниженным удельным расходом топлива и выбросом вредных веществ в атмосферу, циклонных рекуператоров, рекуперативных горелочных блоков, воздухоохлаждаемых металлических горелочных устройств, топок. Много внимания Э.Н. Сабуров уделяет проблемам утилизации вторичных энергоресурсов в целлюлозно-бумажной, лесной и деревообрабатывающей промышленности, а также снижению вредного влияния выбросов предприятий химико-лесного комплекса. Э.Н. Сабуров один из разработчиков и исполнителей научно-технической программы Архангельской области «Система функционирования химико-лесного комплекса Европейского Севера России в условиях рыночной экономики на 1994–2000 годы», включенной в НТП Министерства общего и специального образования РФ «Вузовская наука – регионам», участник выполнения целевой федеральной программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения» по программе «Комплексное использование древесного сырья». Он руководит международным проектом «Исследование структуры трехмерных закрученных потоков методами их визуализации с использованием системы видеоизмерений» в рамках договора о творческом содружестве между АГТУ и Высшей технической школой г. Эмден (Германия).

Э.Н. Сабуров автор более 380 работ в области исследования теоретических основ рабочих процессов и решения прикладных задач создания высокоэффективной энергосберегающей циклонной техники, в том числе 5 монографий. Его научные труды получили определенную известность и за рубежом.

Эдуард Николаевич опытный педагог, пользующийся уважением своих учеников. Созданный им инициативный творческий коллектив молодых научных работников оправдал его надежды: ими защищены четыре кандидатские и подготовлено три докторские диссертации.

В 1994 и 1996 г. г. Президиум Российской академии наук присудил Э.Н. Сабурову государственную научную стипендию.

В должности декана факультета Э.Н. Сабуров проводит большую работу по совершенствованию учебного процесса, повышению квалификации научно-педагогических кадров, улучшению материальной базы кафедр и расширению связей с производством. За этот период на факультете контингент студентов увеличился в 2 раза, число преподавателей с учеными

степенями и званиями – в 3 раза, а объем хоздоговорных исследований – более чем в 10 раз.

Как проректор по НИР Э.Н. Сабуров особое внимание уделяет повышению научного потенциала университета и привлечению преподавательского состава к выполнению научных исследований по федеральным, региональным и межвузовским научно-техническим програмам.

Эдуард Николаевич является членом научно-методического совета по теплотехнике Министерства общего и специального образования РФ, экспертного головного совета «Проблемы лесного комплекса», членом редколлегий журналов «Энергетика. Известия вузов и энергетических объединений СНГ» и «Известия вузов. Лесной журнал», председателем научно-технического совета и членом ученого совета АГТУ, заместителем председателя диссертационного совета Д 064.60.01, вице-президентом и исполнительным директором Архангельского филиала Северодвинского отделения Российской инженерной академии.

За достигнутые успехи в труде Э.Н. Сабуров награжден тремя медалями, знаками «Изобретатель СССР» и «За отличные успехи в работе», а также почетными грамотами Министерства общего и профессионального образования РФ, Министерства энергетики и электрофикации СССР, администрации Архангельской области и т. д.

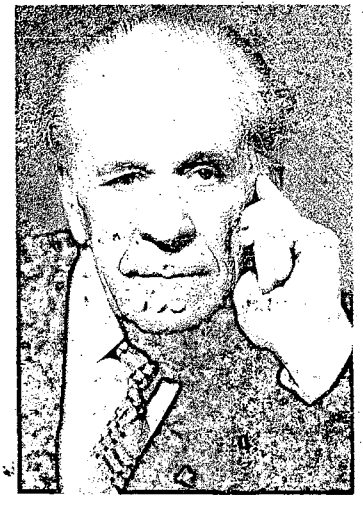
Поздравляя Эдуарда Николаевича с шестидесятилетием, желаем ему крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов в его плодотворной научной и педагогической деятельности.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1999

НЕКРОЛОГИ

ПАМЯТИ Т. С. ЛОБОВИКОВА



14 февраля 1999 г. пришла скорбная весть: не стало Тимофея Сергеевича Лобовикова. Всего полгода не хватило ему до 90-летнего рубежа, пока недоступного нашим лесоэкономистам. Редакция «Лесного журнала» уже планировала юбилейную статью; теперь ее материалы идут в некролог.

Т.С. Лобовиков родился 31 июля 1909 г. в г. Вятке в семье видного деятеля русской художественной фотографии, имевшего европейскую известность. В 1930 г. Тимофей Сергеевич окончил Ленинградский институт народного хозяйства по лесоэкспортной специальности. Однако его практическая деятельность пошла по другому руслу: без малого четверть века проработал он в проектно-изыскательских организациях лесной промышленности, пройдя большой путь от инженера-экономиста до директора Гипролестранса.

Т.С. Лобовиков – участник двух войн. С первого дня Великой Отечественной войны и до августа 1944 г. он находился на ответственных постах по обеспечению радиосвязи на Ленинградском фронте, все время оставаясь в кольце блокады. В 1943 г. был ранен.

С 1948 г. жизнь и деятельность Т.С. Лобовикова неразрывно связана с Ленинградской (ныне С.-Петербургской) лесотехнической академией. В 1950 г. он защитил кандидатскую диссертацию, в 1970 г. – докторскую. В 1971 г. утвержден в ученом звании профессора. Более 25 лет Тимофей Сергеевич возглавлял кафедру экономики и организации лесной промышленности и лесного хозяйства.

Основными направлениями научных исследований Т.С. Лобовикова были проблемы типов лесных предприятий, стадийности их развития, концентрации производства, хозрасчетных отношений в лесном хозяйстве, методы определения экономической доступности ресурсов низкосортной древесины и др. Перу ученого принадлежит около 150 печатных работ. Им подготовлено более 40 кандидатов наук, в том числе для Вьетнама, Румынии, ГДР. Он много и тщательно работал над учебником по экономике лесо-

заготовок, но большая общественная работа в структурах Минлеспрома, Гослесхоза, Минвуза СССР и др. не позволили ему завершить этот труд.

Стиль лекций и выступлений Тимофея Сергеевича всегда был индивидуален, неповторим, язык публикаций – легко узнаваемый, «лобовиковский». Он был великолепным мастером структуризации проблем, поиска альтернатив, выбора критериев. Задолго до появления статей и книг по системному анализу он использовал его в исследованиях, демонстрировал в публичных выступлениях. Запомнятся его принципиальность в отстаивании научных положений и концепций, в оценке диссертаций.

Т.С. Лобовиков был удостоен девяти правительственных наград СССР.

Светлую память о Тимофее Сергеевиче Лобовикове – большом ученом, педагоге, подлинном мыслителе и интеллигенте – навсегда сохранят все, кто учился у него, работал с ним.

В.Е. Леванов, А.П. Петров,
В.А. Ильин, Н.А. Моисеев, Н.А. Бурдин,
Ю.С. Комаров, Е.С. Романов

Вместе изменим жизнь!

Друзья! Общественное движение «ПОСАДИ СВОЕ ДЕРЕВО» обращается к Вам с призывом стать активными участниками нового быстро набирающего силы направления общественной деятельности, связанного с почетной миссией содействия облагораживанию окружающей среды.

Для каждого человека дерево является символом патриотизма, надежности, плодородия, вечности. Распускаясь весной, оно награждает небогатую северную природу многообразием зеленых красок, пышностью форм. Летом манящая сень прохлады, создаваемой деревом, обещает уставшему путнику отдых и покой. Осенью дерево одаривает заботливого человека созревшими плодами. Зимой каждый может видеть торжество царских шапок снега на кронах деревьев.

Дерево, стоявшее у дома, испокон веков являлось символом домашнего тепла и уюта. Кто из мальчишек, набравшись смелости, не рискнул хотя бы раз взобраться на высокое дерево? Кто из девушек не мечтал под деревом о любимом? Какой взрослый человек, спеша по делам, не останавливался и не прикасался на мгновение к толстому стволу дерева? Кто из умудренных опытом старцев, глядя на дерево, не задумывался об удивительной скоротечности бытия?

Посаженное человеком дерево впитывает в себя его душу, обещает продление жизни. В благодарность за добро дерево отдает чистый воздух и сохраняет здоровье. С деревом прирастает плодородие почв. От дерева можно вести отсчет нового времени. Дерево вселяет надежду.

Общественное движение «ПОСАДИ СВОЕ ДЕРЕВО» призывает Вас внести посильный вклад в дело преображения нашей жизни. Думается, что каждый способен проникнуться значимостью акта посадки дерева и совершит его вместе с родными, близкими, друзьями и детьми. Пусть наша жизнь для начала будет украшена посаженным деревом! Посади свое дерево! А может это и есть тот след, который мы должны оставить на Земле?!

С уважением

А.В. Христофоров

Президент общественного движения

«ПОСАДИ СВОЕ ДЕРЕВО»

Присоединяйся!
ПОСАДИ СВОЁ ДЕРЕВО
Вместе изменим жизнь!
163061 Архангельск, ул. Ч.-Лучинского, 38, тел. (8182) 433754, E-mail: tree@atnet.ru