

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

1(319)

2011

ИЗДАТЕЛЬ – СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. **А.Л. Невзоров**
Заместитель главного редактора – д-р экон. наук, проф. **Е.С. Романов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

д-р хим. наук, проф. **А.М. Айзенштадт**, д-р геогр. наук, проф. **А.С. Алексеев**, д-р техн. наук, проф. **Е.Д. Гельфанд**, д-р техн. наук, проф. **А.А. Камусин**, д-р экон. наук, проф., акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, д-р техн. наук, проф. **В.И. Комаров**, д-р техн. наук, проф. **В.С. Куров**, канд. техн. наук, проф. **Н.В. Лившиц**, д-р с.-х. наук, проф. **Р.Н. Матвеева**, д-р техн. наук, проф. **В.И. Мелехов**, д-р с.-х. наук, проф. **М.Д. Мерзленко**, д-р биол. наук, проф. **Е.Г. Мозолевская**, д-р техн. наук, проф. **Д.Г. Мясичев**, д-р с.-х. наук, проф. **Е.Н. Наквасина**, канд. с.-х. наук, доц. **О.А. Неволлин**, д-р техн. наук, проф. **А.Н. Обливин**, д-р техн. наук, проф. **А.В. Питухин**, д-р хим. наук, проф. **Д.А. Пономарев**, д-р с.-х. наук, проф. **Е.М. Романов**, д-р с.-х. наук, проф. **В.П. Рябчук**, д-р техн. наук, проф. **Э.Н. Сабуров**, д-р техн. наук, проф. **В.Г. Санаев**, д-р биол. наук, проф. **А.В. Селиховкин**, д-р техн. наук, проф. **В.В. Сергеевичев**, д-р техн. наук, проф. **В.А. Суслов**, д-р техн. наук, проф. **Ф.Х. Хакимова**, д-р с.-х. наук, проф. **А.И. Чернодубов**, д-р с.-х. наук, проф. **Г.А. Чибисов**, д-р техн. наук, проф. **Ю.А. Ширнин**, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

Ответственный секретарь – заслуженный работник культуры РФ **Р.В. Белякова**

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1, 2011

Редакторы Н.П. Бойкова, Л.С. Окулова
Компьютерная верстка О.В. Деревцовой
Перевод Н.Т. Подражанской
Графическое оформление О.А. Томиловой

Сдан в набор 11.12.2010. Подписан в печать 04.02.2011. Заказ № 20
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,195. Усл. кр.-отт. 14,195.
Уч.-изд. л. 19,176. Тираж 1000 экз.

Северный (Арктический) федеральный университет

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17,
тел./факс: 8 (818-2) 28-76-18, тел. 21-89-01
e-mail: forest@agtu.ru http://www.lesnoizhurnal.ru

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-42283 от 11.10.2010.

Издательство Северного (Арктического) федерального университета
163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

НУРЕЕВ Н.Б. Почвы лесов области Вятского Увала в пределах Республики Марий Эл.....	7
ЧЕРНОБРОВКИНА Н.П., РОБОНЕН Е.В. Влияние обеспеченности бором на рост и накопление элементов минерального питания у березы повислой.....	11
ПРОХОРОВА Е.В., ПРОХОРОВА А.А. Анализ фенотипической структуры клоновых потомств ели в архиве.....	15
ЧЕРНЫХ В.Л., ДОМРАЧЕВ А.А., ЕЛСУКОВ А.С., КИСЕЛЕВА Н.Г., ОХОТИН Н.Н. Закономерности товарной структуры сосняков искусственного происхождения регионов Поволжья.....	20
ПОТАШЕВА Ю.И., ПЕТРИК В.В. Оценка жизненного состояния придорожных сосняков по длине потека живицы.....	29
ДЕМИЧЕВА Н.В., ДЕНИСОВ С.А., ЕГОРОВ В.М. К выбору способов восстановления сосняков Пензенской области.....	32
КАРАСЕВ В.Н., КАРАСЕВА М.А. Особенности водного режима деревьев ели европейской в ранневесенний период.....	37
ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ	
КУЗЬМИН Д.В., ТОМИЛОВА О.А. Моделирование динамики многоконтурных механизмов на основе аналогов ускоренных, аппроксимированных кусочно-линейными функциями.....	43
ПОСЫПАНОВ С.В. Комбинированный метод расчета пакета круглых лесоматериалов, уложенного на горизонтальном основании.....	47
АЛФЕРОВ В.А. Экспериментальные исследования дополнительного сопротивления движению лесовозного автопоезда по кривым в плане.....	53
СТУКОВ В.П. Оптимизация расстановки связей между ветвями деревожелезобетонной балки пролетного строения автодорожного моста.....	57

ПОСМЕТЬЕВ В.И., ЗЕЛИКОВ В.А., ТРЕТЬЯКОВ А.И., ПОСМЕТЬЕВ В.В. О возможности использования рекуперированной энергии лесного почвообрабатывающего агрегата для интенсификации технологического процесса.....	60
---	----

МАКОВЕЕВА Е.В. Статистическая идентификация динамической системы «микрпрофиль подкрановых путей – нагруженность ходовой тележки крана типа КБ».....	65
---	----

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

ТОРОПОВ А.С., КРАСНОВА В.Ф. Совершенствование раскря дуба черешчатого, пораженного внутренней заболонью под воздействием низких температур.....	68
---	----

МЕРКУШЕВ И.М. Статика бездефектной сушки пиломатериалов.....	73
--	----

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

КОМИССАРЕНКОВ А.А., ХОРЬКОВ В.Г. Кондиционирование макулатуры в процессе роспуска с применением модифицированных наполнителей.....	77
--	----

ЛИЧУТИНА Т.Ф., ГУСАКОВА М.А., МИСКЕВИЧ И.В., ЦЫГАНОВ С.П., СОБОЛЕВА Т.В. Экологическая оценка производства продукции на целлюлозно-бумажных предприятиях бассейна р. Северная Двина в соответствии с требованиями Европейского сообщества....	84
---	----

ЧУХЧИН Д.Г., МАТОНИНА Н.А., НОВОЖИЛОВ Е.В., СОКОЛОВ О.М. Характеристика водорастворимых лигно-углеводных комплексов, выделенных из древесины, обработанной электронно-пучковой плазмой.....	90
---	----

КОТЕНЕВА И.В., СИДОРОВ В.И., КОТЛЯРОВА И.А. Исследование структуры модифицированной целлюлозы.....	96
--	----

СМОЛИН А.С., ДУБОВЫЙ В.К., КОМАРОВ Д.Ю. «Пенный» способ формования бумагоподобных композитов.....	101
---	-----

КОМАРОВ В.И., ДЬЯКОВА Е.В., ДМИТРИЕВА М.Н. Исследование межволоконных взаимодействий волокон в	
--	--

структуре бумаги.....	109
СИВАКОВ В.П., ПАРТИН И.А. Динамические процессы в питателе высокого давления при выгрузке.....	117
ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	
РОМАШОВ Ю. М. Методологические вопросы разработки лесных планов субъектов Российской Федерации.....	122
ПРЕШКИН Г.А. Анализ экономических факторов формирования стоимости лесных ресурсов.....	131
ИСТОРИЯ НАУКИ	
ЧИБИСОВ Г.А., ФОМИН А.П. Лесному опытному делу на Севере – 100лет.....	137
ЮБИЛЕИ	
ЗАЛЕСОВ С. В. К 80-летию ученого-лесоведа.....	141
СТЕПАНЕНКО И.И. Биogeоценология – источник вдохновения и созидания (к 80-летию К.Д. Мухамедшина).....	143

CONTENTS

FORESTRY

NUREEV N.B. Forest Soils of Vyatka Ridge Region within Mari El Republic.....	7
CHERNOBROVKINA N.P., ROBONEN E.V. Effect of Boron Provision on Silver Birch Growth and Accumulation of Mineral Nutrition Elements.....	11
PROKHOROVA E.V., PROKHOROVA A.A. Analysis of Phenotypic Structure of Clone Spruce Progeny in Archive.....	15
CHERNYKH V.L., DOMRACHEV A.A., ELSUKOV A.S., KISELEVA N.G., OKHOTIN N.N. Regularities of Commodity Composition of Planted Pine Stands in Povolzhie Region.....	20
POTASHEVA YU.I., PETRIK V.V. Assessment of Vital State of Roadside Pineries according to Turpentine Stains Length	29
DEMICHEVA N.V., DENISOV S.A., EGOROV V.M. To Choosing Reforestation Methods for Pine Forests of Penza Region.....	32
KARASEV V.N., KARASEVA M.A. Peculiarities of Water Regime of Common Spruce in Early Spring Period.....	37
WOODEXPLOITATION	
KUZMIN D.V., TOMILOVA O.A. Dynamics Simulation of Multicircuit Mechanisms based on Acceleration Analogs Approximated by Piecewise Linear Functions.....	43
POSYPANOV S.V. Combined Calculating Method of Round Timber Pile Stacked on Horizontal Foundation.....	47
ALFEROV V.A. Experimental Research of Additional Running Resistance of Timber Carrier according to Curves in Plane....	53
STUKOV V.P. Optimization of Connections Placement among Branches in Wood Reinforced Concrete Beam of Road Bridge Superstructure.....	57
POSMETIEV V.I., ZELIKOV V.A., TRETYAKOV A.I., POSMETIEV V.V. On Possibility of Using Recuperative Energy of Forest Soil Cultivating Machine for Technological Process Intensification.....	60

MAKOVEEVA E.V. Statistical Identification of Dynamic System “Microprofile of Crane Tracks – Carriage Loading of KB-type Crane”.....	65
---	----

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

TOROPOV A.S., KRASNOVA V.F. Perfection of English Oak Cutout Affected by Included Sapwood Caused by Low Temperatures Effect.....	68
--	----

MERKUSHEV I.M. Statics of Defect-free Drying of Sawed Timber.....	73
---	----

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

KOMISSARENKOV A.A., KHORKOV V.G. Conditioning of Recycled Paper at Pulping Stage by Using Modified Fillers....	77
--	----

LICHUTINA T.F., GUSAKOVA M.A., MISKEVICH I.V., TSYGANOV S.P., SOBOLEVA T.V. Ecological Assessment of Production at Pulp-and-paper Enterprises of Northern Dvina River Basin according to European Standards.....	84
--	----

CHUKHCHIN D.G., MATONINA N.A., NOVOZHILOV E.V., SOKOLOV O.M. Characterization of Water-soluble Lignin-carbohydrate Complexes Derived from Wood Treated by Electron-beam Plasma....	90
--	----

KOTENYOVA I.V., SIDOROV V.I., KOTLYAROVA I.A. Investigation of Modified Cellulose Structure.....	96
--	----

SMOLIN A.S., DUBOVYJ V.K., KOMAROV D.YU. “Foam” Technique of Papery Composites Molding.....	101
---	-----

KOMAROV V.I., DIAKOVA E.V., DMITRIEVA M.N. Investigation of Interfibrillar Interaction in Paper Structure.....	109
--	-----

SIVAKOV V.P., PARTIN I.A. Under Dynamic Processes in High-pressure Feeder Unloading..... 117

**ECONOMICS
AND MANAGEMENT**

ROMASHOV YU. M. Methodological Issues of Forest Plans Development in Russian Federation Subjects..... 122

PRESHKIN G.A. Economic Factors Analysis in Cost Formation of Forest Resources..... 131

HISTORY OF SCIENCE

CHIBISOV G.A., FOMIN A.P. Forest Research in the North is 100 Years..... 137

JUBILEES

ZALESOV S.V. By Eightieth Birthday of Forestry Scientist..... 141

STEPANENKO I.I. Biogeocenology – source of inspiration and creation (by 80th birthday of Kamil Dgiganshievich Muhamedshin)..... 143



УДК 630*181.3

Н.Б. Нуреев

Марийский государственный технический университет

Нуреев Наиль Билалович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Марийский государственный технический университет, кандидат биологических наук, доцент МарГТУ. Имеет 32 печатные работы в области исследования лесных почв и продуктивности лесных насаждений Среднего Поволжья.
E-mail: amimalinur@mail.ru



ПОЧВЫ ЛЕСОВ ОБЛАСТИ ВЯТСКОГО УВАЛА В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Исследованы особенности почвенного покрова Вятского Увала. Изучены физические и агрохимические свойства почв. Показана приуроченность древесной растительности к определенным типам почв.

Ключевые слова: почвенный покров, Вятский Увал, буроземы, гранулометрический состав, физико-химические свойства.

Почвенный покров лесов области Вятского Увала в пределах Республики Марий Эл (РМЭ) исследован крайне слабо [3], недостаточно вскрыты закономерности взаимосвязи лесной растительности и почв в этом районе.

Вятский Увал располагается в северо-восточной части РМЭ, восточнее Марийской низменности. Он представляет собой возвышенную холмистую равнину, занимающую 46 % площади республики. Максимального развития Вятский Увал достигает на территории РМЭ, где его длина составляет около 130, ширина 20...40 км, наибольшие абсолютные отметки достигают 264 м.

Цель нашей работы заключалась в изучении основных типов почв области Вятского Увала в пределах РМЭ и выявлении почвенно-грунтовых условий, способствующих наиболее успешному выращиванию высокопродуктивных древостоев основных лесобразующих пород. Полевой материал собирали во время летних экспедиций 1999–2006 гг. Исследования охватывали территорию семи административных районов и проводились в центральной (осевой), западной (западный склон) и южной частях Вятского Увала в пределах РМЭ. Зало-

жены 34 пробные площади в еловых, сосновых, пихтовых, березовых, осиновых, дубовых насаждениях.

На всех пробных площадях, на типичных по рельефу и почве участках, определенных серией прикопок, заложены полнопрофильные почвенные разрезы, описано их морфологическое строение и по генетическим горизонтам в 5-кратной повторности взяты образцы почв для определения физических свойств, а также физико-химических, биохимических и других показателей в лабораторных условиях. Во всех разрезах образцы отбирались послойно, чтобы дать характеристику всех генетических горизонтов, включая лесную подстилку и материнскую породу. Полевые исследования почв, анализы их образцов проведены по общепринятым руководствам [1, 5].

Особенностью почвообразования района исследований является выход к дневной поверхности коренных пермских отложений палеозоя, отличающихся высокой карбонатностью, красноватым оттенком благодаря высокому содержанию оксидов железа и неодинаковым отношением к процессам выветривания и размыва. Данные свойства почвообразующих пород во многом обусловили формирование здесь

почв буроземного типа (буроземов), характеризующихся хорошим дренажом, водопроходной, хорошо выраженной структурой, богатым минералогическим составом, благоприятными водно-воздушными свойствами [2, 4].

С учетом специфических особенностей бурые лесные почвы, сформировавшиеся на пермских красноцветных отложениях, были подразделены на следующие подтипы [2]: коричнево-бурые лесные типичные; коричнево-бурые лесные лессивированные; коричнево-бурые лесные псевдоподзолистые (поверхностно-глееватые); бурые лесные на супесчано-пес-

чаных отложениях и двучленных наносах.

По результатам наших исследований, для данной территории наиболее характерны коричнево-бурые лесные лессивированные, коричнево-бурые лесные псевдоподзолистые, бурые лесные контактно-глееватые почвы. Серые лесные и дерново-подзолистые почвы различной степени оподзоленности распространены меньше. Местами встречаются рендзины, что согласуется с данными других исследователей региона [2]. Распределение пробных площадей по типам почв представлено в табл. 1.

Таблица 1

Средний состав древостоев и количество пробных площадей хвойно-лиственных фитоценозов по типам почв

Тип (подтип) почвы	Средний состав древостоев	Количество пробных площадей	
		шт.	%
Коричнево-бурые лесные типичные	47E27B13П13C	4	11,8
Коричнево-бурые лесные лессивированные	38E20C19П18B5Oс	9	26,5
Коричнево-бурые лесные псевдоподзолистые	30C20E20Oс15B12П3Лп	4	11,8
Бурые лесные	22C22B18Лп13E12Д12Кл1П	7	20,6
Рендзины	50E40C10П	1	2,9
Дерново-подзолистые	34C28B24E8Oс6Лп	5	14,7
Серые лесные	43E30Oс15C6B4П2Лп	4	11,8
Итого	–	34	100

Как видно из таблицы, на пробных площадях преобладают почвы буроземного типа (73,6 %), среди них коричнево-бурые лесные лессивированные и бурые лесные (супесчаные). Дерново-подзолистые и серые лесные почвы распространены относительно меньше, но также обеспечивают формирование сложных, продуктивных древостоев. На почвах Вятского Увала успешно произрастает ель, ее доля может достигать 38...50 единиц в составе. Пихта сибирская произрастает преимущественно на коричнево-бурых лесных почвах суглинистого механического состава и рендзинах.

Большое разнообразие почв района исследований обусловлено его географическим положением, расположением в зоне смешанных хвойно-широколиственных лесов, своеобразным сочетанием природных условий, выступающих в качестве факторов почвообразования, ведущими из которых являются геологическое строение и рельеф местности.

Гранулометрический состав коричнево-бурых лесных типичных почв (табл. 2) показывает идентичность их текстурной дифференциации. Минимум ила и физической глины приходится на горизонт А₁, с глубиной их

содержание плавно возрастает и достигает максимума в горизонте В. В материнской породе их количество уменьшается. По гранулометрическому со-

ставу почвы разнообразны, варьируют от легкосуглинистых до легкоглинистых, что связано с природой отложений пермской системы.

Таблица 2

Гранулометрический состав почв Вятского Увала

Горизонт	Глубина, см	Гигроскопическая влага, %	Процент фракций размером, мм						
			1,0...0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	<0,001	<0,01
Коричнево-бурая лесная типичная почва									
A ₁	10...26	3,36	9,7	5,9	38,2	9,8	18,6	17,8	46,2
AB	26...37	3,81	10,8	6,5	35,2	4,7	11,9	30,8	47,5
B	40...50	5,29	14,4	3,9	31,7	5,9	7,9	36,2	50,1
C _{1ca}	65...75	4,12	2,4	13,0	21,6	14,7	28,6	19,7	62,9
C _{2ca}	100...110	4,35	2,25	7,3	21,7	15,3	32,9	20,7	68,9
Коричнево-бурая лесная лессивированная почва									
A ₁	4...14	2,89	0,3	20,4	35,3	17,4	14,5	12,2	44,1
A ₁ A _{2l}	14...25	1,84	0,2	6,3	51,7	11,9	18,9	10,9	41,8
A _{2l} B	30...40	3,42	0,1	3,5	40,0	11,2	11,2	34,0	56,4
B	60...70	4,35	0,1	0,9	38,8	6,6	13,0	40,6	60,2
C ₁	90...100	4,06	0,8	2,5	42,9	0,5	12,1	41,3	53,9
C _{2ca}	120...130	4,27	9,5	9,9	25,5	7,1	13,8	34,2	55,1
Дерново-среднеподзолистая почва									
A ₁	2...12	1,70	0,4	7,9	52,5	16,4	12,5	10,3	39,1
A ₂	12...21	1,04	0,3	9,6	56,4	16,2	8,7	8,8	33,7
A ₂ B	22...32	1,71	0,1	6,1	53,1	13,9	8,4	18,4	40,7
B	35...45	3,33	0,1	0,4	37,3	14,6	8,3	39,2	62,2
BC	60...70	3,35	0,1	4,4	38,9	8,9	8,3	39,5	56,6
C	90...100	2,96	0,04	4,2	42,4	8,3	10,4	34,7	53,4

В лессивированных и псевдоподзолистых почвах несколько меньше ила и физической глины в горизонтах A₁A_{2l}, причем в псевдоподзолистых встречаются рудяковые зерна и пятна оглеения. В дерново-подзолистых почвах элювиальные процессы ясно выражены в горизонте A₂, где отмечен минимум ила и физической глины; в горизонте В резко увеличивается содержание илистых частиц, т. е. почвенный профиль четко дифференцирован по элювиально-иллювиальному типу.

Интерпретируя физико-химические свойства, следует отметить, что коричнево-бурые лесные почвы богаты гумусом. Его содержание варьирует от 3,2 до 9,0 % (от средне- до высокогумусных) в верхних горизонтах и относительно плавно уменьшается с глубиной. В коричнево-бурых лесных лессивированных и псевдоподзолистых почвах отмечается более резкое падение его процента с глу-

биной. В почвах подзолистого типа содержание гумуса не превышает 2...3 % и резко уменьшается от верхних горизонтов к нижним.

Материалы исследования лесных подстилок коричнево-бурых лесных почв показывают, что кислотность в большей мере зависит от состава фитоценоза, чем от подтипа почвы. Более кислая реакция присуща лесным подстилкам хвойных фитоценозов, в первую очередь сосновых, так как они формируются на бедных песчаных почвах.

Актуальная реакция коричнево-бурых лесных типичных почв варьирует от слабокислой до нейтральной в верхних горизонтах (преимущественно нейтральная) и слабощелочная в почвообразующей породе. Показатели рН_{KCl} изменяются в широких пределах от сильнокислого в верхних горизонтах до слабощелочного интервала в почвообразующей породе, у дерново-

подзолистых почв от сильнокислого до кислого по всему профилю. Актуальная реакция коричнево-бурых лесных лессивированных и псевдоподзолистых почв в верхних горизонтах преимущественно близка к нейтральной и щелочная в карбонатной почвообразующей породе, но pH_{KCl} варьирует от сильнокислого в верхних горизонтах до слабощелочного в почвообразующей породе. Наиболее кислая реакция характерна для горизонтов В, $A_{2l}B$ и A_1A_{2l} .

Так же отчетливо изменяется в почвах содержание обменных оснований. Оно уменьшается по профилю в ряду от коричнево-бурых лесных типичных почв к коричнево-бурым псевдоподзолистым. Наиболее высоко содержание обменных оснований в лесных подстилках коричнево-бурых лесных типичных почв из-под березовых фитоценозов и ельников липовых, меньше их в подстилках коричнево-бурых лесных лессивированных и псевдоподзолистых почв из-под хвойных насаждений. Такая же тенденция наблюдается и для минеральных горизонтов рассматриваемых почв. Содержание обменных оснований уменьшается в горизонтах A_1A_{2l} , A_{2l} и иногда $A_{2l}B$. В профиле коричнево-бурых лесных лессивированных и псевдоподзолистых почв в случае отсутствия карбонатов содержание обменных оснований в верхних горизонтах низкое и увеличивается сверху вниз; при наличии карбонатов оно так же высоко, как и в коричнево-бурых лесных типичных почвах, и резкой дифференциации по профилю не наблюдается. В дерново-подзолистых почвах обменных оснований очень мало в верхних горизонтах и незначительно больше в горизонтах В и С.

В лесной подстилке и гумусовом горизонте коричнево-бурых лесных почв наблюдается биогенная аккумуляция подвижного фосфора и обменного калия. В минеральных горизонтах содержание подвижного фосфора в большинстве

случаев низкое и среднее, обменного калия – среднее и повышенное. В почвообразующей породе обеспеченность этими элементами высокая и очень высокая. В верхних горизонтах дерново-подзолистых почв обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием очень низкая, а в нижних повышенная и средняя соответственно.

Выводы

1. Территория Вятского Увала характеризуется сложным почвенным покровом, в котором преобладают почвы буроземного типа благодаря выходу к дневной поверхности пермских карбонатных отложений.

2. Оптимальные физико-химические свойства и гранулометрический состав почв обеспечивают произрастание высокопродуктивных лесообразующих пород региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М: Изд-во МГУ, 1970. 490 с.
2. Газизуллин А.Х., Сабиров А.Т. Экологические условия почвообразования Среднего Поволжья: учеб. пособие. Йошкар-Ола: МарПИ, 1995. 100 с.
3. Газизуллин А.Х., Туев А.С., Нуреев Н.Б. Особенности почвообразования и почвы области Вятского Увала в пределах Республики Марий Эл//Тез. докл. III Всерос. съезда о-ва почвоведов. М., 2000. С. 187–188.
4. Зонн С.В. Генетические особенности буроземообразования и псевдоподзоливания // Буроземообразование и псевдоподзоливание в почвах Русской равнины. М., 1974. С. 9–81.
5. Зонн С.В., Базилевич Н.И. Изучение почвы как компонента биогеоценоза // Программа и методика биогеоценотических исследований. М.: Наука, 1966. С. 229–268.

Поступила 03.02.09

N.B. Nureev

Mari State Technical University

Forest Soils of Vyatka Ridge Region within Mari El Republic

Peculiarities of soil cover of Vyatka Ridge are investigated. Physical and agrochemical soil characteristics are studied. The reference of woody plants to certain forest types is shown.

Keywords: soil cover, Vyatka Ridge, brown soils, composition, physicochemical properties.

УДК 581.13:[674.031.632.134:581.143]

Н.П. Чернобровкина, Е.В. Робонен

Институт леса Карельского НЦ РАН

Чернобровкина Надежда Петровна родилась в 1950 г., окончила в 1972 г. Калининский государственный университет, доктор биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений Петрозаводского государственного университета, старший научный сотрудник Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 90 печатных работ по изучению роста, развития и минерального питания древесных растений.
E-mail: chernobrovkina@krc.karelia.ru



Робонен Елена Вильямовна родилась в 1951 г., окончила в 1975 г. Петрозаводский государственный университет, ведущий физик Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 40 печатных работ по изучению роста, развития и минерального питания древесных растений.
E-mail: er51@bk.ru



ВЛИЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БОРОМ НА РОСТ И НАКОПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ У БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ

Изучено влияние различных доз бора на рост и накопление азота, фосфора и калия в органах и тканях березы повислой. Выявлены оптимальные, дефицитные и токсичные уровни бора.

Ключевые слова: минеральное питание, рост, диагностика, бор, азот, фосфор, калий, береза повислая.

В условиях Северо-Запада России наиболее дефицитными элементами питания для роста древесных растений являются азот и бор [5, 8]. Внешение их в лесную почву в качестве удобрений предполагает наличие сведений о закономерностях использования макро- и микроэлементов древесными растениями. Если данные об азоте в литературе представлены достаточно полно [8, 11], то о боре они ограничены и посвящены преимущественно изучению влияния дефицита микроэлемента на функциональную активность растений [5, 8, 10, 11, 13]. В естественных условиях может наблюдаться как дефицит, так и избыток бора в почве, что сказывается на физиологических процессах в растениях [12]. Положительное влияние бора отмечается только в очень узком диапазоне концентраций [6]. Исследования минерального питания проводятся преимущественно на хвойных породах, широко используемых в практических целях. Для березы этот вопрос освещен слабо [10, 13]. Целью нашей работы

было изучение влияния обеспеченности бором березы повислой на рост и накопление элементов минерального питания в органах и тканях растения.

Исследования проводили в условиях южной части Карелии. Супесчаные почвы исследуемых участков характеризовались оптимальной для роста древесных растений кислотностью – $\text{pH}_{\text{водн}} 5,3$, содержание азота составило 0,13, фосфора – 0,14, калия – 0,05, кальция – 0,29, бора – 0,0008, меди – 0,004, марганца – 0,021, цинка – 0,006, кобальта – $5 \cdot 10^{-4}$, молибдена – $1 \cdot 10^{-5}$ % от сухой массы почвы. Объектом исследования служили 5-летние растения березы повислой (*Betula pendula* Roth). В мае было заложено четыре варианта опыта на изолированных участках площадью 9 м² в трех повторностях. На каждом участке росло по 2 растения. В третьей декаде мая, перед распусканием листьев, в почву вносили борную кислоту в дозах 3, 10 и 30 кг·га⁻¹. Один вариант был контрольным. Почву рыхлили до и после подкормки, при необходимости в те-

чение вегетационного периода растения поливали из расчета 10 л воды на 1 м². Во второй декаде августа образцы растительного материала отбирали для определения биометрических показателей и анализа элементов минерального питания в органах и тканях. Содержание азота, фосфора и бора в образцах почвы и растений определяли спектрофотометрическим, калия – пламенно-фотометрическим [2], остальные элементы – атомно-абсорбционными методами [1]. На рисунках приведены средние арифметические из шести биологических повторностей и их стандартные ошибки. Обсуждаются различия, значимые при $P \geq 0,95$.

Результаты исследований показали, что в контроле уровень бора в органах 5-летней березы повислой составил 8,1...17,3 мг·кг⁻¹ сухого вещества. При внесении в почву борной кислоты в дозе 3 кг·га⁻¹ растения по внешнему виду не отличались от контрольных, листья были зелеными. В третьей декаде июня при дозе 10 кг·га⁻¹ окрашивались в желто-бурый цвет края листьев, а при 30 кг·га⁻¹ – половина листовой пластинки, что указывало на токсичность этих доз для растений.

При внесении борной кислоты в дозе 3 кг·га⁻¹ прирост за вегетацион-

ный период по диаметру и в высоту увеличился соответственно на 44 и 32 % по сравнению с контролем (рис. 1). Максимальная интенсивность роста березы наблюдалась при содержании бора в листьях, корнях, коре и древесине соответственно 331,2; 109,8; 35,3 и 26,1 мг·кг⁻¹ сухого вещества. Отмеченное свидетельствует об определенном дефиците бора в контроле. Прирост по диаметру и высоте, наблюдаемый при внесении борной кислоты в дозах 10 и 30 кг·га⁻¹, был меньше, чем в варианте с дозой 3 кг·га⁻¹. Визуально наблюдаемые признаки токсичности этих доз были подтверждены данными о росте березы. Минимальное содержание бора в органах растений, при котором отмечались признаки его токсичного влияния, составило в листьях, корнях, коре и древесине соответственно 502,4; 218,9; 103,9 и 21,7 мг·кг⁻¹ сухого вещества.

Дополнительное обеспечение бором привело к повышению его содержания во всех органах, особенно в листьях (рис. 2), где при дозе 30 кг·га⁻¹ оно достигало 800 мг·кг⁻¹ сухой массы. С увеличением доз бора повышался уровень азота в листьях, в других органах достоверного изменения не произошло. Под влиянием борной кислоты в дозах 3 и 10 кг·га⁻¹ содержание фосфора,

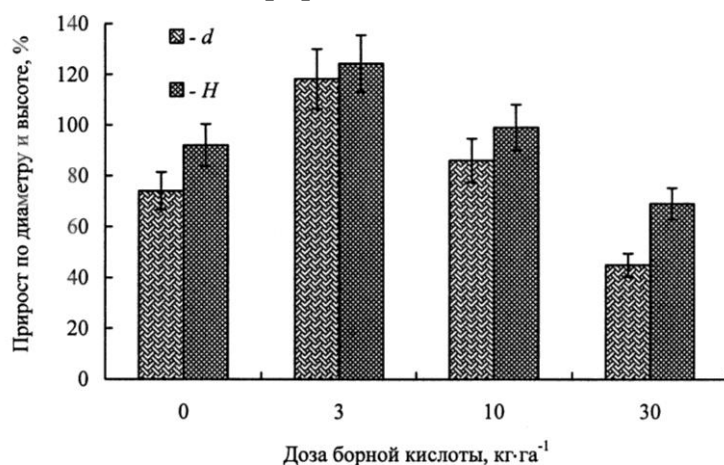


Рис. 1. Влияние обеспеченности бором березы повислой на прирост за сезон по диаметру (d) и высоте (H), % от исходного значения

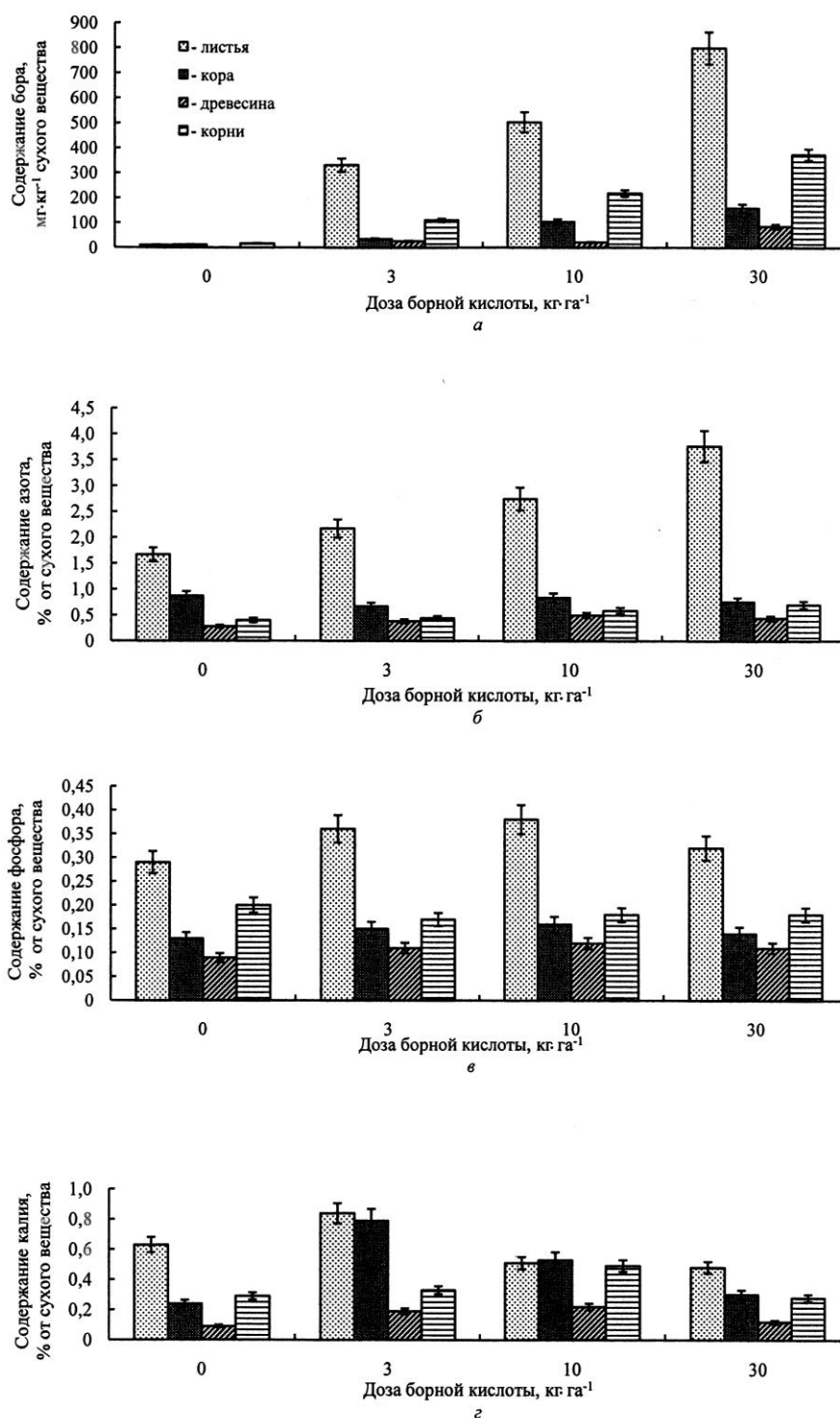


Рис. 2. Влияние обеспеченности бором на содержание элементов минерального питания в органах и тканях березы повислой в августе: а – бор; б – азот; в – фосфор; г – калий

как и азота, возросло только в листьях. Оптимизация борного питания способствует накоплению элементов минерального питания преимущественно в ассимиляционном аппарате, где осуществляется синтез метаболитов для всего растительного организма [3, 4, 7–9].

Содержание калия увеличивалось во всех органах березы при использовании стимулирующей рост растений дозы борной кислоты 3 кг·га⁻¹. Одной из причин большего поступления элементов минерального питания в саженцы березы повислой при оптими-

зации обеспечения бором может быть усиление образования микоризы на корнях и соответственно повышение их поглотительной функции. Было показано, что семена березы повислой при низком уровне бора в органах ($4...5 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ сухого вещества) могут сохранять жизнеспособность длительное время, пока не начнется интенсивный рост или формирование почек [10]. В этот период проблема дефицита бора в почве, отразившаяся на микоризе, проявляется и на надземных органах в виде торможения развития, усыхания вершин, кустистости.

Таким образом, наиболее показательными органами для диагностики обеспеченности бором древесного растения являются листья березы повислой. При содержании бора $10,6 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ сухого вещества не отмечается видимых признаков его дефицита. Однако этот уровень недостаточен для интенсивного роста, поскольку повышение содержания до $331,2 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ оказывало стимулирующее влияние на рост растений в высоту и по диаметру ствола, а также способствовало накоплению азота, фосфора и калия в листьях. При этом калий аккумулируется во всех органах, а уровень азота в листьях зависел от дозы борной кислоты. В листьях березы может накапливаться большое количество бора – до $800 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ сухого вещества. При концентрации $502,4 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ и выше отмечаются признаки токсичного влияния бора на растения: желто-бурая окраска листьев, снижение содержания в них фосфора и калия, а также интенсивности роста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аналитическое обеспечение мониторинга лесных экосистем / М.В. Козлов [и др.] // Биоэкологические аспекты мониторинга лесных экосистем Северо-Запада России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. С. 278–285.
2. Аринушкина С.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.

3. Влияние обеспеченности бором на рост семян сосны обыкновенной / Н.П. Чернобровкина [и др.] // Лесоведение. 2007. № 5. С. 69–76.
4. Жирнокислотный состав суммарных липидов хвои семян сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором / Н.П. Чернобровкина [и др.] // Физиология растений. 2008. Т. 55, № 3. С. 404–411.
5. Ивонис И.Ю., Чернобровкина Н.П. Влияние микроэлементов и гибберсина на рост и семеношение сосны обыкновенной // Лесоведение. 2002. № 3. С. 79–84.
6. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений/пер. с англ. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 464 с.
7. Рудакова Э.В., Каракис К.Д., Сидоришина Т.Н. Микроэлементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях. Киев: Наук. думка, 1987. 186 с.
8. Чернобровкина Н.П. Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной. СПб.: Наука, 2001. 174 с.
9. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, 1974. 324 с.
10. Boorin merkitys puiden hienojuurille ja mykorritsoille / T. Lehto [et al.] // Puiden kasvuhairiot viljavilla kivennaismaililla. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy, 2004. N 934. P. 53–57.
11. Brockley R.P. Effects of nitrogen and boron fertilization on foliar boron nutrition and growth in two different lodgepole pine' ecosystems // Can. J. For. Res. 2003. Vol. 33. P. 988–996.
12. Camacho-Cristóbal J.J., Rexach J., González-Fontes A. Boron in Plants: Deficiency and Toxicity // Journ. of Integrative Plant Biology. 2008. Vol. 50, N 10. P. 1247–1255.
13. Rikala R., Vuorinen M. Koivikoiden booripitoisuuden ja kasvuhairioiden yhteys // Puiden kasvuhairiot viljavilla kivennaismaililla. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy, 2004. N 934. P. 64–68.

Поступила 29.01.2009

N.P. Chernobrovkina, E.V. Robonen
Forest Research Institute, Karelian Research
Centre of RAS

Effect of Boron Provision on Silver Birch Growth and Accumulation of Mineral Nutrition Elements

The effect of different boron doses and accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in organs and tissues of silver birch is studied. The optimal, deficient and toxic levels of boron are revealed.

Keywords: mineral nutrition, growth, diagnostics, boron, nitrogen, phosphorus, potassium, silver birch.

УДК 630*165.6:582.475.2

Е.В. Прохорова¹, А.А. Прохорова²

¹Марийский государственный технический университет

²ФГУ «Рослесозащита» центра защиты леса Чувашской Республики

Прохорова Елена Валерьевна родилась в 1963 г., окончила в 1984 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет 55 печатных работ в области лесной селекции и семеноводства.

E-mail: e_prokhorova@rambler.ru



Прохорова Александра Александровна родилась в 1986 г., окончила в 2009 г. Марийский государственный технический университет, магистр лесного дела. Работает инженером ФГУ «Рослесозащита» центра защиты леса Чувашской Республики. Имеет 12 печатных работ в области лесной селекции и семеноводства.

E-mail: a_katavas@rambler.ru



АНАЛИЗ ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КЛОНОВЫХ ПОТОМСТВ ЕЛИ В АРХИВЕ

Рассмотрен полиморфизм и рост клоновых потомств ели, представленных в архиве. Отмечены различия в росте у форм, выделенных по типу ветвления. Показано, что окраска макростробил на рост не влияет.

Ключевые слова: полиморфизм, ель, формы, клон, рамета, архив клонов.

Формовой состав ели широко описан и изучен. Выделяются формы ели по цвету микро- и макростробил, типу ветвления, строению коры и другим признакам.

Важнейшая задача сохранения биоразнообразия решается на двух уровнях – видов и их форм. Особенно остра проблема сбережения внутривидового разнообразия основных лесообразователей, вызываемая опасностью его обеднения из-за развития методов регенерации отобранного материала, появления клонированных разновидностей, характеризующихся узкой генетической базой [4].

Данная проблема возникает при отборе плюсовых деревьев для создания на их основе лесосеменных плантаций и других объектов ЕГСК. Очевидно, чем меньше полиморфизм отобранных плюсовых деревьев, чем меньше их потомств используется при создании этих объектов, тем значительнее снижается биоразнообразие. Поэтому изучение форм, представляющих плюсовые деревья в архиве

клонов, может дать представление о биологическом многообразии ели на данных объектах.

Целью нашей работы является оценка роста форм клоновых потомств плюсовых деревьев ели, представленных в архиве.

Исследования проводили в архиве клонов ели Куженерского лесничества Республики Марий Эл, заложенном в 1985 г. на площади 1 га, на вырубке, где произведена корчевка пней и последующая сплошная обработка почвы. Почва свежая дерново-подзолистая суглинистая, подстилаемая покровной глиной.

Архив создавали посадкой привитых саженцев, выращенных в питомнике Сернурского лесничества. В качестве подвоя выращивали саженцы с закрытой корневой системой. С этой целью в полиэтиленовые цилиндры, заполненные субстратом, высаживали 2-летние сеянцы ели, выращенные из местных семян. В течение вегетационного периода за саженцами проводились агротехнические уходы и поливы.

Черенки для прививки заготавливали с плюсовых деревьев в Советском, Сернурском, Пригородном лесхозах РМЭ. Весеннюю прививку производили способом вприклад сердцевинной на камбий. Через год привитые растения пересажи-

вали в архив с размещением 2×8 м. Было высажено 20 клоновых потомств, общее число рамет – 360. Все сохранившиеся раметы (136 шт.) пронумерованы, у каждой измерены высота (м) и окружность ствола на высоте 1,3 м (см).

Таблица 1

Статистические показатели форм по окраске макроствобил ели

Форма	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	σ	V, %	min	max	P, %	t_d
Высота ствола, м							
Ярко-красношишечная	7,2±0,23	1,44	20,1	4,0	10,0	3,2	1,4
Красношишечная	6,8±0,16	1,35	20,1	2,5	9,5	2,4	–
Зеленошишечная	7,4±0,24	0,72	9,3	5,7	8,0	3,3	2,1
Окружность ствола, см							
Ярко-красношишечная	37,3±1,76	11,6	34,9	16,0	76,0	4,9	0,67
Красношишечная	37,2±1,20	10,2	29,7	13,0	60,0	3,2	0,71
Зеленошишечная	35,2±2,56	7,7	41,3	24,0	51,0	7,3	–

В период цветения ели у каждой раметы описан цвет макроствобил, выделены ярко-красношишечные, красношишечные (промежуточные) и зеленошишечные формы, определен тип ветвления: гребенчатые, неправильно-гребенчатые, щетковидные, компактные, плосковетвистые формы. Полученные данные обработаны по общепринятым методикам [1, 2].

Выделенные формы представлены в архиве в следующем соотношении: ярко-красношишечные – 32,5; красношишечные – 60,0; зеленошишечные – 7,5 %. Эти данные совпадают с результатами исследований В.И. Пчелина, согласно которым в насаждениях Среднего Поволжья преобладают красношишечные формы (50...60 %), зеленошишечные составляют 18...19 % [3].

Формы ели, описанные в литературе по окраске макроствобил и типу ветвления, отличаются характером роста и приспособленностью к почвенно-климатическим условиям, поэтому дальнейший анализ формового разнообразия проводится с учетом роста клоновых потомств по высоте и окружности ствола.

Высота представленных в архиве форм по окраске макроствобил варьи-

рует от 6,8 до 7,4 м (табл. 1, показатель достоверности различия (t_d) вычислен от высоты ели красношишечной формы). Наибольшую высоту имеют зеленошишечная и ярко-красношишечная формы, соответственно 7,4 и 7,2 м. Достоверно меньшая высота ($t_d = 2,1$) оказалась у ели с красношишечной окраской макроствобил при вероятности достоверности различия 0,96. Изменчивость высоты у ярко-красношишечной и красношишечной форм значительная ($V = 20,1$ %), а у зеленошишечной умеренная ($V = 9,3$ %). При этом максимальная высота свойственна ели ярко-красношишечной формы (10,0), минимальная – красношишечной (2,5 м).

Окружность ствола у рамет варьирует от 13 до 76 см (табл.1, показатель t_d вычислен от окружности ствола ели зеленошишечной формы). Минимальная окружность ствола отмечена у красношишечной формы ели, а максимальная у ярко-красношишечной. Окружность ствола у ярко-красношишечной и красношишечной форм составляет 37,3 и 37,2 см, чуть меньше у зеленошишечной (35,2 см), но эти отличия недостоверны ($t_d = 0,68$).

По данным дисперсионного анализа можно сделать заключение, что

окраска макростробил не влияет на показатели высоты и окружности ствола, что подтверждает данные В.И. Пчелина [3]. По исследованиям Л.А. Семкиной, окрасочные вариации как листьев, так и генеративных органов с постоянным накоплением антоцианов не являются адаптационными [5].

Выделены клоны по типу ветвления в соотношениях: щетковидная – 42, компактная – 26, гребенчатая – 9, неправильно-гребенчатая – 6, плосковетвистая – 17 %. Их высота варьирует от 6,3 до 8,0 м (табл. 2, показатель t_d вычислен от высоты гребенчатой формы ели).

Таблица 2

Статистические показатели форм по типу ветвления ели

Форма	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	σ	V, %	min	max	P, %	t_d
Высота ствола, м							
Щетковидная	7,4±0,19	1,28	17,4	4,0	10,0	2,5	1,53
Компактная	6,6±0,22	1,20	18,2	4,0	9,0	3,3	3,41
Неправильно-гребенчатая	6,7±0,38	1,15	17,1	5,0	8,0	5,7	3,42
Гребенчатая	8,0±0,35	1,12	14,1	6,0	9,5	4,4	–
Плосковетвистая	6,3±0,25	1,08	16,5	3,5	8,0	3,9	3,95
Окружность ствола, см							
Щетковидная	37,4±1,44	9,56	25,6	16,0	58,0	3,9	1,05
Компактная	41,0±2,25	12,60	30,6	16,0	76,0	5,5	1,97
Неправильно-гребенчатая	34,3±2,58	7,73	22,5	25,0	50,0	7,5	–
Гребенчатая	37,6±2,33	7,38	19,6	25,0	49,0	6,2	0,95
Плосковетвистая	35,2±2,16	9,20	26,1	16,0	50,0	6,2	0,26

Из табл. 2 видно, что наибольшую высоту имеет ель с гребенчатым типом ветвления, несколько меньшую – с щетковидным, но это отличие недостоверно ($t_d = 1,53$). Достоверно меньшую высоту по сравнению с гребенчатой формой имеют клоны с плосковетвистым ветвлением ($t_d = 3,95$), компактным ($t_d = 3,41$) и неправильно-гребенчатым ($t_d = 3,42$) при вероятности различия 0,99. Высота клонов этих форм колеблется от 6,3 до 6,7 м и достоверно не отличается. Коэффициент вариации у разных форм варьирует от 14 до 18 %, указывая на значительную изменчивость признака. Результаты однофакторного дисперсионного анализа показали, что высота связана с типом ветвления ели, доля влияния равна 39,9 %.

Окружность ствола у рамет варьирует от 16 до 76 см (табл. 2, показатель t_d вычислен от окружности ствола неправильно-гребенчатой формы ели). Наибольший показатель отмечен у рамет компактной формы, наименьший – у неправильно-гребенчатой, несколько

больше у плосковетвистой. Однако достоверные различия у представленных форм не выявлены. Результаты однофакторного дисперсионного анализа не подтвердили влияния типа ветвления ели на окружность ствола.

Выше рассмотрены особенности роста форм ели по одному из признаков: окраске шишек или типу ветвления. Но каждое дерево (рамета) представляет форму одновременно по двум признакам: окраске шишек и типу ветвления. Сгруппировав эти признаки, получили следующие формы: щетковидная ярко-красношишечная, щетковидная красношишечная, щетковидная зеленошишечная, неправильно-гребенчатая ярко-красношишечная, неправильно-гребенчатая красношишечная, гребенчатая красношишечная, гребенчатая зеленошишечная, гребенчатая красношишечная, компактная ярко-красношишечная, компактная красношишечная, плосковетвистая красношишечная, всего 10 форм из 15 возможных. В изучаемом архиве их соотношение не одинаковое (табл. 3).

Таблица 3

Статистические показатели форм ели, выделенных по комплексу двух признаков

Форма	Количество		Высота ствола, м				Окружность ствола, см			
	шт.	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	P, %	t_d	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	P, %	t_d
Щетковидная:										
ярко-красношишечная	25	23,1	7,6±0,29	19,1	3,8	0,88	36,5±2,02	27,7	5,5	1,50
красношишечная	18	16,6	7,2±0,19	11,4	2,7	1,60	38,4±1,7	19,2	4,5	1,24
зеленошишечная	3	2,8	7,4±0,22	5,2	3,0	1,46	42,3±4,4	17,9	10,3	0,56
Неправильно-гребенчатая:										
ярко-красношишечная	2	1,9	5,3±0,25	6,7	4,7	6,27	30,0±2,0	9,4	6,7	2,45
красношишечная	2	1,9	7,3±0,25	4,9	3,5	1,62	45,0±5,0	15,7	11,1	0,21
зеленошишечная	3	2,8	7,9±0,10	2,2	1,3	0,27	25,5±11,1	75,3	43,4	1,65
Гребенчатая										
красношишечная	10	9,3	8,0±0,35	14,0	4,4	–	37,6±2,3	19,6	6,2	1,32
Компактная:										
ярко-красношишечная	6	5,5	7,4±0,24	8,1	3,3	1,42	46,7±6,5	34,2	14,0	–
красношишечная	22	20,4	6,4±0,27	19,8	4,2	3,64	39,9±2,6	39,2	6,4	0,97
Плосковетвистая										
красношишечная	17	15,7	6,5±0,26	16,7	4,1	3,49	32,3±2,7	35,1	8,5	2,05

Большой долей представлены в архиве щетковидная ярко-красношишечная (23,1 %) и компактная красношишечная (20,4 %) формы, до 20 % – щетковидная красношишечная и плосковетвистая красношишечная, менее 5 % – щетковидная зеленошишечная, неправильно-гребенчатые ярко-красношишечная, красношишечная и зеленошишечная формы.

Выделенные формы отличаются по высоте. Наибольшая она у гребенчатой красношишечной формы – 8,0 м (показатель t_d вычислен от высоты этой формы). Несколько меньший, но достоверно не отличающийся от наибольшего, показатель роста у неправильно гребенчатой зеленошишечной, щетковидной ярко-красношишечной, компактной ярко-красношишечной, щетковидной зеленошишечной, неправильно-гребенчатой красношишечной и щетковидной красношишечной форм. Высота остальных форм достоверно меньше, чем у гребенчатой красношишечной при вероятности достоверности различия 0,99.

Формы ели отличаются и по окружности ствола (табл. 3, показатель t_d вычислен от окружности ствола компактной ярко-красношишечной формы). Большая окружность ствола у этой формы, но достоверно от других не отличается.

Выводы

В архиве клонов ели представлены разнообразные формы по типу ветвления и окраске шишек, которые отражают формовое разнообразие ельников Среднего Поволжья. Отличия данных роста изучаемых форм клоновых потомств в большинстве случаев недостоверны, хотя имеются формы с

достоверно лучшими и худшими показателями. Но для сохранения биоразнообразия исключать те или иные потомства из селекционного процесса нецелесообразно до проведения анализа их роста в испытательных культурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 103 с.
2. Котов М.М., Лебедева Э.П. Применение биометрических методов в лесной селекции. Горький: ГГУ, 1977. 119 с.
3. Пчелин В.И. Ельники и осинники Среднего Поволжья (природные особенности, биоразнообразие и рост древостоев). Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. 220 с.
4. Рутковский И.В., Проказин А.Е. О сохранении генетического фонда лесов России // Лесн. хоз-во. 1998. № 3. С. 30–32.
5. Семкина Л.А. Внутривидовая изменчивость и популяционная экология древесных растений в связи с интродукцией: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 02.00.08. Екатеринбург, 1999. 45 с.

Поступила 09.04.10

E.V. Prokhorova¹⁾, A.A. Prokhorova²⁾

¹⁾ Mari State Technical University

²⁾ Federal State Agency "Roslesozashchita" of Forest Protection Center, Chuvash Republic

Analysis of Phenotypic Structure of Clone Spruce Progeny in Archive

Polymorphism and growth of clone spruce progeny presented in archive are considered. The difference in growth is marked in forms selected according to the branching type. It is shown that macrostrobiles' color has no effect on growth.

Keywords: polymorphism, spruce, forms, clone, clone archive.

УДК 630*525:582.475.4(470.4)

В.Л. Черных, А.А. Домрачев, А.С. Елсуков, Н.Г. Киселева, Н.Н. Охотин

Марийский государственный технический университет

Черных Валерий Леонидович родился в 1952 г., окончил в 1978 г. Марийский политехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства, научный руководитель научно-исследовательской лаборатории «Современные информационные технологии в лесном хозяйстве» Марийского государственного технического университета, заслуженный лесовод Республики Марий Эл. Имеет более 240 печатных работ по проблемам лесной таксации, математического моделирования, информационных и ГИС-технологий в лесном хозяйстве.

E-mail: sitlx@rambler.ru



Домрачев Алексей Анатольевич родился в 1983 г., окончил в 2006 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства МарГТУ. Имеет 7 печатных работ в области лесной таксации и аэрокосмических методов в лесном хозяйстве.

E-mail: adomrachev@mail.ru, adomrachev@rambler.ru



Елсуков Алексей Сергеевич родился в 1982 г., окончил в 2006 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства МарГТУ. Имеет 6 печатных работ в области лесной таксации.

E-mail: aelsukov82@mail.ru



Киселева Наталья Геннадьевна родилась в 1975 г., окончила в 1998 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства МарГТУ. Имеет 4 печатные работы в области лесной таксации, системного анализа и моделирования экосистем.

Тел.: 8(8362)41-69-55



Охотин Николай Николаевич родился в 1980 г., окончил в 2003 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства МарГТУ. Имеет 6 печатных работ в области лесной таксации.

Тел.: 8(8362)41-69-55



ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТОВАРНОЙ СТРУКТУРЫ СОСНЯКОВ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ РЕГИОНОВ ПОВОЛЖЬЯ

Рассмотрены закономерности товарной структуры сосняков искусственного происхождения четырех регионов Поволжья. По эмпирическим материалам разработаны математические модели выхода деловой древесины по категориям крупности и сортам. Составлены сортиментные таблицы.

Ключевые слова: сосняки искусственного происхождения, Поволжье, выход деловой древесины, сортиментные таблицы.

Доля древостоев искусственного происхождения за последнее время резко увеличивается. Часть таких лесов, особенно созданных на ранних этапах лесокультурного производства, достигла возраста спелости и уже вовлекается в эксплуатацию, в связи с чем возникает необходимость их точного учета и детальной оценки. В настоящее

время эффективность лесокультурного производства определяется главным образом продуктивностью древостоев на различных стадиях формирования. Однако современная экономическая ситуация требует также оценки качества древесины, что может предопределить стоимость получаемых лесоматериалов. По Среднему Поволжью нет нормативов

для таксации таких древостоев, следовательно, лесное хозяйство несет ущерб от неправильной количественной и качественной оценки леса. Значительные объемы лесных культур, созданных в регионе на протяжении 100 лет, и немногочисленность проведенных ранее исследований качества древесины сосны обуславливают актуальность рассматриваемого вопроса.

Одним из важнейших показателей качественной оценки древостоев является выход деловой древесины и сортиментная структура, выраженная в процентах от общего запаса элемента леса.

В связи с лесотаксационным районированием территории России в настоящее время разрабатываются региональные нормативы для таксации лесов. Анализ литературных источников показал, что при составлении сортиментных и товарных таблиц основным является графический метод [1, 3, 6].

В методиках последних лет большое внимание уделяется моделированию таксационных закономерностей и связей при разработке объемных, сортиментных и товарных таблиц, которые образуют систему нормативов для количественной и качественной оценки запаса древостоев [2]. Основные положения по составлению этих таблиц на основе математического моделирования содержатся в работах А.Г. Мошкалева, К.Е. Никитина, Н.Т. Воинова, П.М. Верхунова [2]. Обширные исследования по разработке и обоснованию математических моделей, отражающих существующие закономерности товарной структуры отдельного дерева и древостоя в целом, проведены А.Г. Мошкалевым, П.В. Горским, Н.П. Анучиным и другими исследователями. В 2000 г. В.Л. Черных предложил алгоритм разработки таких таблиц на основе системы математических моделей [2].

Необходимо отметить, что в 1987 г. В.В. Успенским по данным более 200 пробных площадей и лесосек сплошной рубки была проведена товаризация сосняков искусственного происхождения южной части России [6]. Выход деловой древесины в таких насаждениях оказался в среднем на 2...4 % выше, чем при оценке запаса по таблицам Н.П. Анучина [1].

Цель наших исследований – выявление закономерностей сортиментной структуры сосняков искусственного происхождения четырех регионов Поволжья (Кировская, Нижегородская области, Республика Марий Эл и Чувашская Республика) и последующая разработка систем лесотаксационных нормативов для мониторинга использования лесных ресурсов и кадастровой оценки лесов.

Нами предложен следующий алгоритм разработки сортиментных таблиц.

1. Разработка методики исследования.
2. Сбор и обработка экспериментального материала.
3. Моделирование шкалы разрядов высот.
4. Разработка объемных таблиц по разрядам высот.
5. Моделирование сортиментной структуры древостоев регионов.
6. Составление сортиментных таблиц по разрядам высот.
7. Анализ новых нормативов.

Сбор экспериментальных данных проводился в полевые периоды 2004–2007 гг. в соответствии с ОСТ-56-69–83 [4]. Было заложено 200 пробных площадей в четырех регионах Среднего Поволжья с рубкой и обмером 3278 учетных деревьев и 226 деревьев с полным анализом хода роста древесного ствола (табл.1).

Таблица 1

Распределение экспериментальных данных по регионам

Регион	Пробные площади, шт.	Модельные деревья, шт.	Деревья для полного анализа хода роста, шт.
Чувашская Республика	47	835	47
Республика Марий Эл	60	785	60
Нижегородская область	36	620	42
Кировская «	57	1038	77
Итого	200	3278	226

Обработка полученного экспериментального материала проводилась на ПК с применением программ, разработанных на кафедре лесной таксации и лесоустройства МарГТУ – PROBA 2005, PROBA, XOD и статистического пакета STATISTICA 6.0. Для выявления соотношения высот и диаметров деревьев использовали математический подход. По материалам модельных (учетных) деревьев подобрана функция Мичерлиха, приемлемая для описания динамики изменения таксационных показателей и удовлетворяющая необходимым требованиям при определении общих закономерностей роста древостоев сосны искусственного происхождения.

Для построения шкалы разрядов высот был проведен многовариантный расчет хода роста отдельных деревьев по высоте и диаметру. В соответствии с оптимальной функцией роста построена новая шкала разрядов высот. Коли-

чество разрядов устанавливалось с учетом покрытия всей области соотношения высот и диаметров исследуемой совокупности (рис. 1). Общая математическая модель имеет вид

$$h_{ij} = 38 [1 - \exp(-0,0388 d_{1,3i})]^{0,9627} \cdot 0,88^{j-4},$$

где h – высота дерева, м;

$d_{1,3}$ – диаметр на высоте 1,3 м, см;

j – разряд высот;

i – индекс ступени толщины, $i = 1, \dots, n$ (n – общее число ступеней толщины).

Для разработки объемных таблиц рассчитаны модели видовых чисел f (табл. 2).

При определении объема ствола по ступеням толщины использована общепринятая формула, учитывающая площадь поперечного сечения, высоту и видовое число:

$$V_{ij} = \frac{10^{-4} \pi}{4} d_{1,3i}^2 h_{ij} f_i.$$

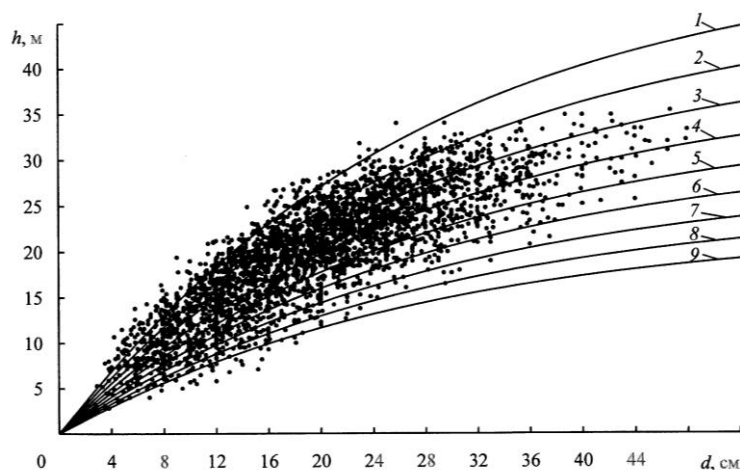


Рис. 1. Изменение высоты древостоев по разрядам высот 1 – 9

Таблица 2

Модели видового числа по регионам

Регион	Математическая модель	R	R ²
Чувашская Республика	$f = 0,0515 + \frac{3,4742}{d_{1,3}h} + 0,5867q_2$	0,844	0,713
Республика Марий Эл	$f = 0,0418 + \frac{2,4310}{d_{1,3}h} + 0,5995q_2$	0,838	0,702
Нижегородская область	$f = 0,0352 + \frac{4,2143}{d_{1,3}h} + 0,5828q_2$	0,845	0,714
Кировская «	$f = 0,0313 + \frac{3,1308}{d_{1,3}h} + 0,6295q_2$	0,869	0,756

Система объемобразующих моделей явилась основой для составления объемных таблиц по четырем регионам Поволжья (табл. 3).

Для выявления различий в выходе древесины по сортам и объемобразующих показателей по регионам было проведено сравнение экспериментальных данных с использованием t-критерия Стьюдента [5]. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

С вероятностью 0,95 ($t_{ст} > 2$) доказано различие по выходу деловой древесины по сортаментам и категориям крупности для республик Чувашия, Марий Эл, Нижегородской и Кировской областей (табл. 4). Выявлены также существенные различия во всех регионах Поволжья по видовому числу и коэффициенту формы ствола, что подтвер-

ждает необходимость составления объемных, сортиментных и товарных таблиц на региональном уровне. Анализ экспериментальных материалов показал, что соотношение высот и диаметров по регионам можно принять единым, следовательно, использовать единую шкалу разрядов высот.

Для характеристики выхода деловой древесины сосняков искусственного происхождения нами разработаны многофакторные математические модели по регионам, которые характеризуются высоким коэффициентом корреляции и детерминации (табл. 5, рис. 2 и 3). Эти модели послужили основой сортиментных таблиц для сосняков искусственного происхождения Кировской, Нижегородской областей, Марийской и Чувашской республик.

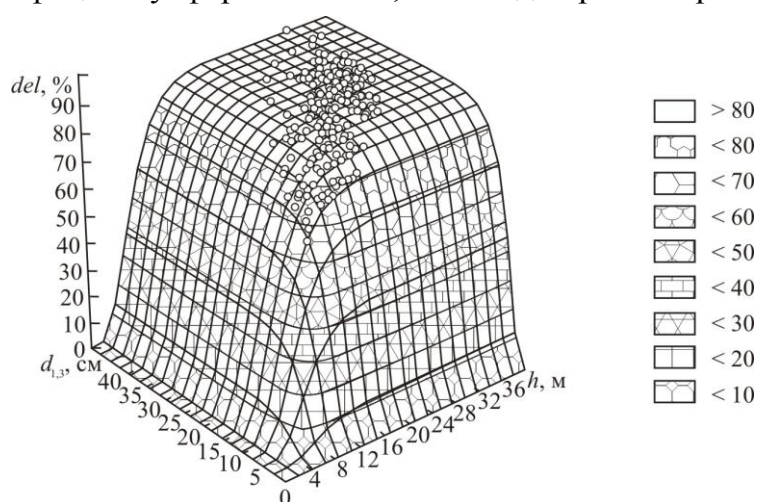


Рис. 2. Выход деловой древесины

Таблица 5

Модели выхода деловой древесины

Регион	Математическая модель	R	R ²
Деловая древесина			
Чувашская Республика	$P_{del} = 90[1 - \exp(-0,2865h)]^{0,6298}\{0,9898[1 - \exp(-0,2860d_{1,3})]^4\}$	0,847	0,717
Республика Марий Эл	$P_{del} = 90[1 - \exp(-0,2678h)]^{0,5923}\{1,0116[1 - \exp(-0,2678d_{1,3})]^4\}$	0,903	0,815
Нижегородская область	$P_{del} = 90[1 - \exp(-0,2862h)]^{0,7864}\{1,0017[1 - \exp(-0,2862d_{1,3})]^4\}$	0,916	0,839
Кировская «	$P_{del} = 90[1 - \exp(-0,3486h)]^{7,3706}\{0,9986[1 - \exp(-0,3486d_{1,3})]^4\}$	0,882	0,778
Крупная деловая древесина			
Чувашская Республика	$kr = 82,9256\{[1 - \exp(-0,0046d_{1,3}h)]^{39,646}\}$	0,892	0,796
Республика Марий Эл	$kr = 76,1909\{[1 - \exp(-0,0059d_{1,3}h)]^{101,787}\}$	0,916	0,839
Нижегородская область	$kr = 75,603\{[1 - \exp(-0,0076d_{1,3}h)]^{600,448}\}$	0,959	0,920
Кировская «	$kr = 76,2118\{[1 - \exp(-0,0050d_{1,3}h)]^{55,5416}\}$	0,880	0,774
Средняя 1 деловая древесина			
Чувашская Республика	$cr1 = \frac{727,949 \cdot 0,3509 \cdot 12201,3 \exp(-0,3509d_{1,3})}{[1 + 12201,3 \exp(-0,3509d_{1,3})]^2}$	0,919	0,845
Республика Марий Эл	$cr1 = \frac{729,777 \cdot 0,3385 \cdot 9114,19 \exp(-0,3385d_{1,3})}{[1 + 9114,19 \exp(-0,3385d_{1,3})]^2}$	0,915	0,837
Нижегородская область	$cr1 = \frac{666,958 \cdot 0,3924 \cdot 44853,3 \exp(-0,3924d_{1,3})}{[1 + 44853,3 \exp(-0,3924d_{1,3})]^2}$	0,941	0,885
Кировская «	$cr1 = \frac{679,031 \cdot 0,3762 \cdot 18920,3 \exp(-0,3762d_{1,3})}{[1 + 18920,3 \exp(-0,3762d_{1,3})]^2}$	0,924	0,854
Средняя 2 деловая древесина			
Чувашская Республика	$cr2 = \frac{457,176 \cdot 0,4513 \cdot 6955,67 \exp(-0,4513d_{1,3})}{[1 + 6955,67 \exp(-0,4513d_{1,3})]^2}$	0,867	0,752
Республика Марий Эл	$cr2 = \frac{462,688 \cdot 0,4443 \cdot 6231,7 \exp(-0,4443d_{1,3})}{[1 + 6231,7 \exp(-0,4443d_{1,3})]^2}$	0,877	0,761
Нижегородская область	$cr2 = \frac{459,021 \cdot 0,476 \cdot 15766,1 \exp(-0,476d_{1,3})}{[1 + 15766,1 \exp(-0,476d_{1,3})]^2}$	0,883	0,780
Кировская «	$cr2 = \frac{472,656 \cdot 0,4615 \cdot 6984,93 \exp(-0,4615d_{1,3})}{[1 + 6984,93 \exp(-0,4615d_{1,3})]^2}$	0,889	0,790
Мелкая деловая древесина			
Чувашская Республика	$m = \frac{984,492 \cdot 0,324 \cdot 49,5482 \exp(-0,324d_{1,3})}{[1 + 49,5482 \exp(-0,324d_{1,3})]^2}$	0,949	0,901
Республика Марий Эл	$m = \frac{970,711 \cdot 0,3464 \cdot 70,3981 \exp(-0,3464d_{1,3})}{[1 + 70,3981 \exp(-0,3464d_{1,3})]^2}$	0,941	0,885
Нижегородская область	$m = \frac{106,153 \cdot 0,3119 \cdot 50 \exp(-0,3119d_{1,3})}{[1 + 50 \exp(-0,3119d_{1,3})]^2}$	0,954	0,910
Кировская «	$m = \frac{957,244 \cdot 0,3545 \cdot 70,8127 \exp(-0,3545d_{1,3})}{[1 + 70,8127 \exp(-0,3545d_{1,3})]^2}$	0,942	0,887

Таблица 6

Отклонение выхода деловой древесины по регионам от нормативов по В.В. Успенскому, %

Регион	Диаметр, см												
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
Чувашская Республика	-24,13	-2,93	2,04	2,54	2,51	1,43	0,96	0,75	-1,32	-0,55	-0,63	0,24	5,69
Республика Марий Эл	-24,15	-2,19	3,08	3,69	3,70	2,63	2,16	1,95	-0,14	0,64	0,57	1,45	6,96
Нижегородская область	-28,34	-4,36	2,61	4,07	4,46	3,53	3,12	2,93	0,83	1,63	1,55	2,44	8,01
Кировская «	-28,61	-1,80	3,34	3,52	3,36	2,25	1,79	1,60	-0,48	0,31	0,24	1,13	6,63

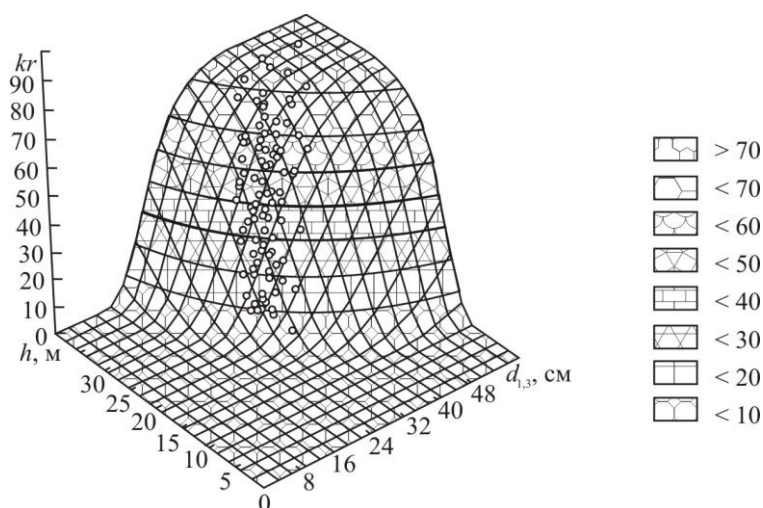


Рис. 3. Выход крупной древесины

Полученные результаты сравнивали с действующими нормативами – сортиментными таблицами для сосны искусственного происхождения В.В. Успенского [6]. Таблица разрядов высот В.В. Успенского составлена для Центрального Черноземного района европейской части. Сравнение выполняли по среднему разряду высот. Оказалось, что при использовании нормативов В.В. Успенского объемы стволов систематически завышаются на 3,5...21,0 % (табл. 6). Аналогичное сравнение таблиц В.В. Успенского и новых сортиментных таблиц показало, что различия в выходе деловой древесины составляют от –28,6 до +4,5 % (табл. 6).

Выводы

Исследования подтверждают необходимость применения регионального подхода при составлении лесотаксационных нормативов, что позволит повысить точность таксации сосняков искусственного происхождения регионов Поволжья по выходу деловой древесины в среднем на 3...5, по категориям крупности и сортности на 10...30 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин Н.П. Сортиментные и товарные таблицы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 536с.

2. Верхунов П.М., Черных В.Л. Таксация леса: учеб. пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 396 с.
3. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.В.Загребев [и др.]. М.: Колос, 1992. 495с.
4. ОСТ-56-69–83. Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки. М.: ЦБНТИлесхоз, 1984. 60 с.
5. Соколов П.А., Черных В.Л. Вариационная статистика: учеб. пособие. Йошкар-Ола: МарПИ, 1990. 104 с.
6. Сортиментные и товарные таблицы для лесов центральных и южных районов европейской части РСФСР / под ред. В.В. Загребев, А.Ф. Баранова. М.: ВНИИЛМ, 1987. 128 с.

Поступила 03.02.09

V.L. Chernykh, A.A. Domrachev, A.S. Elsuikov,
N.G. Kiseleva, N.N. Okhotin
Mari State Technical University

Regularities of Commodity Composition of Planted Pine Stands in Povolzhie Region

Regularities of commodity composition of planted pine stands of four Povolzhie regions are considered. Mathematical models of industrial timber output according to size and grade are developed based on the empirical data. Cut-to-length tables are compiled.

Keywords: planted pine stands, Grade Povolzhie, industrial timber output, cut-to-length tables.

Таблица 3

Фрагмент объемных таблиц сосняков искусственного происхождения

<i>d</i>	<i>h</i>	Чувашская Республика			Нижегородская область			Республика Марий Эл			Кировская область		
		<i>q</i> ₂	<i>f</i>	<i>V</i>	<i>q</i> ₂	<i>f</i>	<i>V</i>	<i>q</i> ₂	<i>f</i>	<i>V</i>	<i>q</i> ₂	<i>f</i>	<i>V</i>
8	9,4	0,717	0,519	0,024	0,704	0,502	0,024	0,726	0,510	0,024	0,731	0,533	0,025
12	12,9	0,717	0,495	0,072	0,704	0,473	0,069	0,718	0,488	0,071	0,728	0,510	0,074
16	15,9	0,716	0,485	0,155	0,704	0,462	0,148	0,711	0,478	0,153	0,724	0,499	0,160
20	18,5	0,713	0,479	0,278	0,704	0,457	0,265	0,706	0,471	0,274	0,718	0,492	0,285
24	20,6	0,710	0,475	0,444	0,703	0,454	0,424	0,701	0,467	0,436	0,712	0,486	0,454
28	22,5	0,706	0,471	0,653	0,703	0,451	0,625	0,696	0,463	0,642	0,706	0,480	0,666
32	24,1	0,701	0,468	0,905	0,702	0,450	0,871	0,693	0,460	0,891	0,698	0,475	0,920
36	25,4	0,696	0,464	1,201	0,701	0,448	1,161	0,690	0,458	1,185	0,690	0,469	1,215
40	26,6	0,691	0,460	1,537	0,700	0,447	1,494	0,687	0,456	1,523	0,682	0,464	1,550
44	27,6	0,685	0,456	1,912	0,699	0,446	1,871	0,684	0,454	1,904	0,674	0,458	1,921
48	28,4	0,678	0,452	2,325	0,698	0,445	2,289	0,682	0,453	2,328	0,665	0,452	2,326
52	29,1	0,672	0,448	2,773	0,697	0,444	2,749	0,681	0,451	2,794	0,656	0,446	2,762
56	29,8	0,665	0,444	3,253	0,695	0,443	3,248	0,679	0,450	3,301	0,646	0,440	3,227
60	30,3	0,658	0,440	3,765	0,694	0,442	3,787	0,678	0,449	3,849	0,637	0,434	3,717
64	30,7	0,651	0,435	4,304	0,693	0,441	4,364	0,676	0,449	4,437	0,627	0,428	4,231
68	31,1	0,644	0,431	4,870	0,692	0,440	4,978	0,675	0,448	5,063	0,617	0,421	4,765
72	31,5	0,636	0,426	5,461	0,690	0,439	5,628	0,674	0,447	5,729	0,607	0,415	5,318
76	31,8	0,629	0,422	6,074	0,689	0,438	6,313	0,673	0,447	6,432	0,597	0,409	5,886
80	32,0	0,621	0,417	6,709	0,687	0,437	7,034	0,673	0,446	7,173	0,587	0,402	6,469

Таблица 4

Значение t-критерия Стьюдента для характеристики товарности сосняков искусственного происхождения

Сравниваемые регионы	Показатели товарной структуры древесины																
	Диаметр, см	Крупная сорта			Средняя 1 сорта			Средняя 2 сорта			Мелкая сорта			Итого деловая	Технологическое сырье	Дрова топливные	Отходы
		1	2	Итого	1	2	Итого	1	2	Итого	1	2	Итого				
Кировская область – Республика Марий Эл	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,3	1,1	1,5	1,5	1,0	2,5	1,3
	12	–	–	–	–	–	–	0,3	–	0,3	0,3	0,9	2,0	2,0	2,5	1,3	0,9
	16	–	–	–	0,9	–	1,4	1,6	1,2	1,2	0,7	0,9	0,4	1,1	0,4	1,8	0,9
	20	–	–	0,0	1,2	0,6	1,0	2,0	5,4	1,0	1,3	18,1	1,7	3,8	0,4	0,0	7,8
	24	0,3	1,0	1,1	1,5	0,8	2,1	0,9	3,4	1,2	0,8	5,3	3,2	0,5	1,8	1,6	1,4
	28	0,5	1,2	0,8	1,5	0,7	0,2	0,7	0,8	1,2	2,2	4,4	1,2	0,7	0,8	0,7	1,4
	32	1,3	0,1	1,9	3,1	1,8	2,0	1,0	0,7	2,0	0,9	3,9	1,6	1,1	1,0	1,6	0,5
	36	1,6	0,9	0,4	3,4	2,8	0,9	0,8	0,6	1,1	0,6	3,1	1,2	2,2	1,2	1,1	2,0
Кировская область – Нижегородская область	40	1,4	1,6	2,2	5,6	1,6	3,2	1,7	1,1	0,8	3,3	1,0	3,0	1,7	0,9	0,4	1,6
	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,5	1,9	1,9	1,9	0,7	1,2	5,3
	12	–	–	–	–	–	–	2,2	–	2,2	1,5	0,5	4,9	8,3	3,1	4,0	9,0
	16	–	–	–	1,4	–	1,4	4,8	2,2	5,5	5,0	0,4	5,1	4,1	1,2	2,8	4,3
	20	–	–	–	4,7	1,2	5,7	1,8	1,0	2,1	4,7	2,8	5,9	1,7	0,9	0,8	4,7
	24	2,0	1,4	2,4	1,3	0,9	4,0	1,2	3,0	4,5	2,0	2,9	4,1	1,1	2,0	2,2	2,4
	28	3,0	3,4	5,1	0,6	1,2	3,2	1,3	1,3	2,8	1,9	2,5	4,1	0,7	1,6	1,9	0,4
	32	2,5	2,2	4,5	2,0	0,1	4,2	0,2	2,1	2,3	2,6	1,6	4,0	0,5	2,4	2,1	1,8
Кировская область – Чувашская Республика	36	1,2	0,1	0,2	0,7	0,2	0,1	0,4	1,7	3,2	0,5	1,2	1,2	2,1	1,3	1,1	1,6
	40	2,9	2,7	1,5	0,7	3,4	2,2	0,0	0,8	0,8	0,7	1,0	1,6	1,4	0,8	0,5	1,1
	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,1	2,3	23,9	23,9	6,5	25,8	25,5
	12	–	–	–	–	–	–	1,7	1,0	2,2	2,0	0,2	172,3	221,3	13,2	39,8	48,7
	16	–	–	–	1,0	–	1,4	1,8	1,9	26,8	0,8	1,7	42,7	366,3	8,9	40,3	60,2
	20	1,0	–	–	0,6	2,5	18,7	3,5	3,9	53,2	0,3	3,8	42,9	208,4	2,9	47,7	71,4
	24	0,2	1,4	2,4	1,1	1,1	54,3	0,3	1,6	32,7	0,9	3,4	33,4	104,2	2,6	48,6	56,5
	28	1,6	0,9	15,3	0,6	1,1	52,6	1,8	2,2	33,5	0,5	3,0	28,5	448,5	4,8	37,9	48,6
Кировская область – Чувашская Республика	32	0,1	0,9	35,9	2,6	2,8	31,9	0,7	0,6	19,8	0,3	2,2	21,8	267,3	3,0	26,2	29,1
	36	1,7	0,8	33,9	2,1	1,6	19,8	0,1	0,4	14,1	0,4	1,0	13,1	47,7	1,3	10,3	17,5
	40	1,5	1,9	38,4	2,7	0,3	11,1	1,9	1,7	7,2	2,0	–	4,7	112,3	1,2	10,3	10,4

УДК 630* 284

Ю.И. Поташева, В.В. Петрик

Северный (Арктический) федеральный университет

Поташева Юлия Игоревна родилась в 1976 г., окончила в 2000 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры геодезии и земельного кадастра Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 10 печатных работ в области экологической оценки состояния сосновых фитоценозов, расположенных в зоне влияния выбросов автомобильного транспорта.

E-mail: y-potashева@yandex.ru



Петрик Виталий Васильевич родился в 1952 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесных культур и ландшафтного строительства Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 60 печатных работ в области прижизненного использования леса.

E-mail: harz@agtu.ru



ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИДОРОЖНЫХ СОСНЯКОВ ПО ДЛИНЕ ПОТЕКА ЖИВИЦЫ

Предложен метод диагностики жизненного состояния отдельных деревьев и насаждений в целом по длине потока живицы от микроранений древесины. Данный метод может быть использован при мониторинге лесных экосистем в условиях аэротехногенного загрязнения.

Ключевые слова: категории жизненного состояния деревьев, придорожные насаждения, микроранения, длина потока живицы.

В результате действия атмосферного загрязнения на лесные фитоценозы происходит дифференциация деревьев по жизненному состоянию, что привело к выделению понятия категории состояния [6]. Согласно принятым «Санитарным правилам в лесах Российской Федерации» выделяют шесть категорий: без признаков ослабления, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие, свежий сухостой текущего года, старый сухостой. Их оценивают визуально по совокупности морфологических признаков: ажурности (изреженность и охвоенность) кроны, приросту по высоте, продолжительности жизни хвои, наличию хлорозов и некрозов, состоянию ствола и ветвей [1, 5].

В лесных насаждениях, подвергающихся различным формам техногенного и антропогенного воздействия, распределение деревьев на здоровые и сухостойные не вызывает затруднений. Но достаточно сложно определять категории деревьев промежуточных со-

стояний. Ослабленные особи часто имеют нормальное охвоение, хорошо развитую крону, без каких-либо признаков повреждения ствола. Определение степени ослабления деревьев практически зависит от субъективных факторов, поэтому в исследованиях придорожных сосновых насаждений (лишайниковой, зеленомошной групп типов леса) для уточнения жизненного состояния деревьев было решено использовать более объективный метод диагностики. Основным признаком послужила интенсивность выделения живицы при поранении ствола дерева. Этот метод предложен проф. П.А. Положенцевым, иначе называется «методом живичного индикатора» и предназначен для определения жизнеспособности хвойных пород [3].

В 1997 г. В.В. Петриком и А.С. Яруновым предложен способ нанесения микроранений и инструмент для ускоренного определения смолопродуктив-

Таблица 1

Длина потока живицы у деревьев разных категорий жизненного состояния, см

Район	Тип леса	Категория состояния	Сторона автодороги		
			наветренная	подветренная	Контроль
Приморский	Сосняк черничный	Здоровые	81,6±1,5	80,5±1,2	88,5±2,3
		Ослабленные	57,1±1,3	55,8±1,5	67,0±3,4
Виноградовский	Сосняк лишайниковый	Среднее	68,1±1,1	68,5±1,1	80,0±2,1
		Здоровые	96,9±1,7	93,4±1,7	97,8±2,2
		Ослабленные	56,7±2,8	52,3±2,3	68,2±4,5
Онежский	Сосняк папоротниково-кисличный	Среднее	79,8±1,9	76,9±1,6	87,5±2,4
		Здоровые	80,8±1,2	80,7±1,4	87,8±1,9
		Ослабленные	58,9±1,5	59,9±1,6	61,3±2,8
		Среднее	69,7±1,1	69,5±1,2	77,3±1,9

ности деревьев [4]. Данный способ мы использовали для изучения изменчивости длины потока живицы в зависимости от состояния деревьев в условиях автотранспортного загрязнения. Суть способа заключается в следующем: ствол каждого живого дерева (I–IV категорий) подрумянивали с южной стороны, начиная с высоты 1,3 м до шейки корня. Затем специальным приспособлением (пробойником) наносили микроранения круглой формы диаметром 7 и глубиной 5 мм, одновременно определяя категории жизненного состояния (категории повреждения) деревьев. Через 24 ч у каждого дерева измеряли длину потока живицы с точностью 0,5 см.

Проведенные исследования позволили выявить, что изучаемый показатель в значительной степени варьи-

рует в зависимости от состояния деревьев (табл. 1). Наибольшая длина потока живицы наблюдается у здоровых деревьев, без каких-либо видимых повреждений. В разных типах леса она колеблется от 80,5 до 97,8 см. Интенсивное выделение живицы говорит о их высокой жизнеспособности. С ослаблением жизненного потенциала этот процесс начинает значительно затухать, и у ослабленных деревьев длина потока составляет 52,3...68,2 см.

У здоровых и ослабленных деревьев длина потока живицы варьирует в широких пределах даже в целом по насаждению. Ее изменчивость, оцениваемая коэффициентом вариации C (%), имеет значительный размах: для здоровых деревьев 23,4...32,5, для ослабленных 41,7...62,6, для насаждения в целом 34,6...48,4 %.

Таблица 2

Связь длины потока живицы с категориями состояния

Район	Тип леса	Сторона автодороги	Коэффициент корреляции	Основная ошибка коэффициента корреляции	Достоверность коэффициента корреляции
Приморский	Сосняк черничный	Наветренная	-0,55	0,03	20,31
		Подветренная	-0,59	0,03	23,36
		Контроль	-0,56	0,05	10,95
Виноградовский	Сосняк лишайниковый	Наветренная	-0,67	0,03	22,31
		Подветренная	-0,61	0,03	21,99
		Контроль	-0,57	0,05	10,89
Онежский	Сосняк папоротниково-кисличный	Наветренная	-0,59	0,03	22,19
		Подветренная	-0,53	0,03	17,67
		Контроль	-0,60	0,05	13,20

Тесноту связи между длиной потека живицы и категориями состояния оценивали по коэффициенту корреляции (табл. 2), используя придержки проф. М.Л. Дворецкого [2]. Во всех случаях она была значительной. Корреляционный анализ показал, что между изучаемыми показателями наблюдается обратная значительная связь при 1-м % уровне значимости коэффициентов корреляции.

Таким образом, использование показателя длины потека живицы позволяет более точно оценить состояние растения и диагностировать степень его повреждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
2. *Дворецкий М.Л.* Практическое пособие по вариационной статистике. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 102 с.
3. *Иванова Э.А., Стадницкий Г.В.* Лесная энтомология, лесная фитопатология: метод. указания к проведению учеб. практики по лесозащите. Архангельск: РИО АЛТИ, 1983. 32 с.

4. *Петрик В.В., Ярунов А.С.* Точность ускоренных методов определения смолопродуктивности сосны // Лесн. журн. 1997. № 5. С. 125–130. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. 21с.
6. Индивидуальная изменчивость метаболических показателей ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения / Е.Н. Теребова [и др.] // Лесоведение. 2003. № 1. С. 73–77.

Поступила 01.07.08

Yu.I. Potasheva, V.V. Petrik
Northern (Arctic) Federal University

Assessment of Vital State of Roadside Pineries according to Turpentine Stains Length

Method of vital state diagnostics for separate trees and stands according to turpentine stain length resulting from microinjury wood is offered. The method could be used for forest ecosystems monitoring in the conditions of aeroanthropogenic pollution.

Keywords: categories of tree vital state, roadside stands, microinjury, turpentine stain length.

УДК 630*2(470.327)

Н.В. Демичева¹, С.А. Денисов², В.М. Егоров³

¹Управление лесами Пензенской области

²Марийский государственный технический университет

³Администрация Сосновоборского района Пензенской области

Демичева Наталья Викторовна родилась в 1958 г., окончила в 1984 г. Московский лесотехнический институт, заместитель руководителя Управления лесами Пензенской области. Имеет 5 публикаций по вопросам рубок и возобновления леса.

E-mail: alh@penza.net



Денисов Сергей Александрович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства Марийского государственного технического университета. Имеет более 130 печатных работ в области лесоведения и лесоводства: биологии и экологии березовых лесов Поволжья, географии естественного возобновления леса.

E-mail: klv@marstu.net, denisovser@rambler.ru



Егоров Виктор Михайлович родился в 1956 г., окончил в 1982 г. Саратовский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, глава администрации Сосновоборского района Пензенской области. Имеет 11 печатных работ в области лесоводства, искусственного лесовосстановления и мер содействия естественному возобновлению леса.

Тел.: 8(841-68) 2-00-07



К ВЫБОРУ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОСНЯКОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Приведены результаты изучения возобновления сосны на вырубках и под пологом в связи с типами леса. Рекомендованы отказ от искусственного восстановления и использование имеющегося лесовозобновительного потенциала сосновых лесов.

Ключевые слова: сосна, естественное возобновление, лесные культуры, полнота, сомкнутость полога, густота подроста.

Выбор соотношения интенсивных и экстенсивных методов восстановления лесов, эффективного использования потенциала естественного лесовозобновления хозяйственно ценных древесных пород сегодня во многом ложится на плечи арендаторов. Если для таежной зоны основным методом можно считать естественное возобновление и сохранение подроста при заготовке спелого леса [5, 9], то в условиях лесостепи, к которой относится Пензенская область, выбор восстановления сосняков неоднозначен [3]. Так, лесоустройство указывает на отсутствие надежного естественного возобновления в сосновых лесах и ориентирует лесное хозяйство области исключительно на искусственное восстановление. Однако массовое применение лесных культур несет в себе ряд

негативных моментов, поскольку в искусственных насаждениях нарушается процесс естественного хода смены поколений, что является предметом обсуждений [1–2, 6–8, 10].

Цель наших исследований – оценить лесовозобновительный потенциал сосновых лесов Пензенской области, разработать рекомендации по его использованию.

Особенностью климата области является высокий радиационный индекс сухости (до 1,4), гидротермический коэффициент (1,0...1,2), 40 % вероятности засух [4]. Летние осадки выпадают часто в виде ливней, а периоды без осадков продолжаются до 4...5 нед. В связи с этим естественное возобновление сосны на открытых площадях может быть затруднено.

Таблица 1

Высота и текщий годичный прирост у 5-летних экземпляров сосны

Показатели роста	Культуры			Подрост			$t_{\text{разл}}$
	$X \pm m$	$\pm \sigma$	$V, \%$	$X \pm m$	$\pm \sigma$	$V, \%$	
$H, \text{ см}$	47,3±4,09	10,82	22,9	44,3±2,71	10,84	24,5	0,61
$Z_n, 2002, \text{ см}$	14,3±1,10	2,91	20,4	14,8±1,44	5,78	39,0	0,28
$Z_n, 2003, \text{ см}$	20,7±2,77	7,32	35,4	21,4±2,09	8,35	38,9	0,20

Обследование сплошных вырубок в сухих и свежих борах показало, что последующее естественное возобновление сосны на открытых площадях происходит медленно, а ее культуры чаще неудачны. Примером могут служить культуры сосны в условиях A_{1-2} , созданные в Индерском лесничестве бывшего Кададинского лесхоза на сплошной вырубке (4,2 га), на пологом склоне северной экспозиции. Посадка произведена в 2000 г. в дно плужных борозд (ПКЛ-70), вытянутых с севера на юг. Ширина междурядий 3 м, шаг посадки 0,4 м, число посадочных мест 8,2 тыс. шт. на 1 га.

Учет в 2003 г. в междурядьях показал, что при средней густоте подроста сосны 5,5 тыс. шт./га колебание на отдельных учетных площадках составляет от 0,7 до 23,7 тыс. шт./га при встречаемости 0,91. Он сосредоточен в основном в понижениях и у плодоносящих стен леса, лиственный подрост не обнаружен.

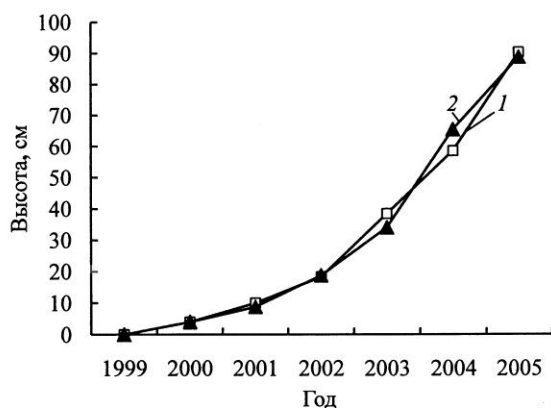
Высоты сосны естественного происхождения ($36,4 \pm 1,68$ см) и в культурах ($28,3 \pm 2,39$ см) существенно различаются ($t_{\phi} = 2,76 > t_{0,01} = 2,68$). Коэффициент изменчивости высоты в культурах (60,8 %) почти вдвое больше, чем у подроста (35,0 %). Причина заключается в низкой приживаемости в год создания культур и последующих дополнениях. Спустя 3 года после посадки доля выжившей сосны не превышает 34,2 %.

Измерения температуры почвы показали, что поверхность дна плужной борозды уже к 10 ч прогревается до $+40$ °С. Такая температура держится до 15 ч, снижаясь далее до $+32$ °С к 16 ч. В междурядьях, под опадом вейника наземного и травостоя средней густоты, она на $6,0 \dots 15,5$ °С ниже. На глубине 5 см различия в температуре почвы борозды и междурядья составляют $4,0 \dots 6,5$ °С.

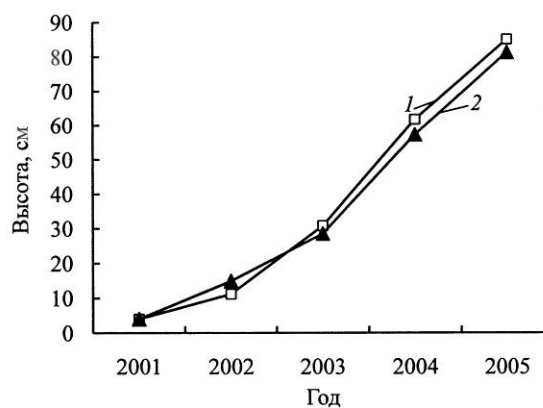
По сравнению с культурами доля жизнеспособного самосева и подроста выше (82,6 %). Распределение их по жизнеспособности и возрасту свидетельствует о большом отпаде последующего возобновления сосны (до 72,1 % у самосева) в возрастах 2...3 года. Отпад подроста предварительного возобновления значительно меньше (13,6 %).

Показатели роста в высоту у 5-летних растений разлаются несущественно (табл. 1). Коэффициенты вариации меняются по отдельным годам, но остаются более высокими у подроста. Наблюдается тенденция к более интенсивному, чем у посадок, нарастанию годичного прироста (см. рисунок). Растения 7-летнего возраста разного происхождения имеют одинаковые кривые хода роста. Сосна дополнений 2001 и 2002 гг. уступает по высоте естественному возобновлению того же возраста.

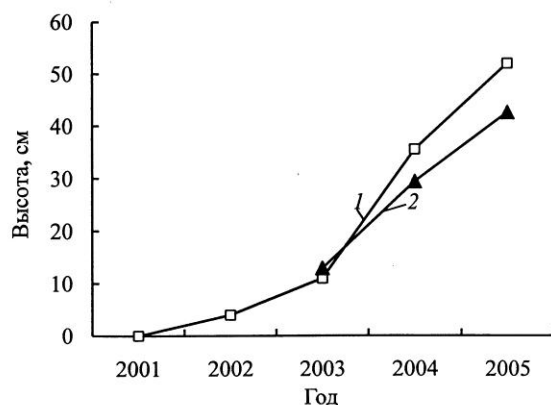
На вырубках в сухих типах леса проблемы с лесовосстановлением обостряются. Так, на песчано-каменистом



а



б



в

Ход роста сосны в культурах и подроста естественного происхождения: а – возраст 7 лет: подрост (1) и посадка 2000 г. (2); б – возраст 6 лет: подрост (1) и допосадка 2001 г. (2); в – возраст 5 лет: подрост (1) и допосадка 2002 г. (2)

возвышении сосняка лишайникового был вырублен 110-летний древостой сосны III класса бонитета. При отсутствии подростка в редком подлеске здесь отмечен угнетенный ракитник. Живой напочвенный покров на южном и западном склонах (15°) представлен исключительно пятнами лишайников, на восточном склоне произрастают гвоздика песчаная, лишайники, на северном – дикран волнистый, редко вейник. В целом проективное покрытие живым напочвенным покровом за счет лишайников возрастает до 80 %.

Температура поверхности почвы на открытом месте южного склона в начале августа составила $+47^\circ\text{C}$ при температуре воздуха $+32^\circ\text{C}$.

Учет возобновления на вырубке в сосняке злаково-орляковом (B_2) показал, что всходы, самосев и подрост распределены крайне неравномерно, коэффициент равномерности размещения составляет от 0,1 до 0,5, средний 0,2.

Таким образом, высокие летние температуры и повышенная вероятность засух в значительной степени мешают лесовосстановлению на открытых площадях в лесорастительных условиях с недостаточной или нестабильной влагообеспеченностью. В сосняках лишайниковых, лишайниково-мшистых, травяно-мшистых и орляково-разнотравных при отсутствии предварительного или сопутствующего возобновления сосны нереально ожидать ее последующего восстановления естественным путем при сплошных рубках, даже при наличии источников обсеменения.

При изучении возобновления сосны на 14 пробных площадях под пологом сосняков лишайниково-мшистых, брусничных и орляково-разнотравных во всех случаях обнаружен подрост сосны предварительной генерации. Распределение напряжен-

Таблица 2
**Коэффициенты корреляции полноты
 древостоев с густотой и встречаемостью
 подроста сосны под пологом**

Стадия возобновления	Густота	Встречае- мость
Всходы	0,384	0,259
Самосев, 2 года	-0,797	-0,632
Подрост возраста, лет:		
3	-0,639	-0,623
4	-0,323	-0,496
5	-0,462	-0,635

ности светового потока было неравномерным. Световые блики (10... 12 тыс. лк) и просветы в пологе составляли 15 %. Этого достаточно для накопления неравномерно распределенного подроста сосны. Колебания его численности на отдельных учетных площадках достигают десятков экземпляров, а коэффициент изменчивости более 100 % свидетельствует о крайне неоднородных условиях.

Для определения влияния полноты и сомкнутости полога спелых древостоев указанных типов леса на встречаемость и густоту всходов, самосева и подроста был выполнен корреляционный анализ с использованием данных 14 пробных площадей (табл. 2).

Количество всходов и их встречаемость имеют положительную связь с полнотой древостоев. Это объясняется обилием семян в древостоях большой полноты и сомкнутости. Выживаемость всходов и переход их в состояние самосева (2 года), а затем в собственно световую стадию возобновления – подрост зависят от полноты древостоев (коэффициент корреляции отрицательный высокий).

С увеличением продолжительности жизни подроста сосны под пологом наблюдается тенденция к снижению влияния полноты древостоев на его густоту и встречаемость. Это свя-

зано с выживанием подроста преимущественно в окнах, на более освещенных участках.

В свежих суборях имеются типы леса с густым подлеском из рябины (и незначительным количеством крушины), создающим неблагоприятные условия для накопления подроста сосны. Проективное покрытие живого напочвенного покрова равномерное и составляет более 75 %. На состояние естественного возобновления сосны влияет конкуренция со стороны подлеска.

Наиболее трудные условия для естественного возобновления сосны складываются при подстилании дренированных супесей суглинистыми наносами. Здесь формируются сложные типы сосновых лесов с наличием второго листового яруса и обильного подлеска с общей сомкнутостью 1,0. При относительной освещенности в $5,2 \pm 0,13$ % в составе густого подроста участвуют теневыносливые породы – липа и клен, их общая встречаемость 1,0. Здесь и живой напочвенный покров становится редким, представлен снытью, купеной, редко фиалкой удивительной.

При этом из опада участвующих в сложении данного насаждения видов формируется мощная коричнево-бурая двухслойная лесная подстилка типа модер. Ее второй слой интенсивно пронизан корнями растений. Происхождение таких сосняков, скорее всего, связано с воздействием огня либо экспансией сосны на сельскохозяйственных землях.

Таким образом, предварительным возобновлением сосны в Пензенской области вполне могут быть обеспечены лишайниково-мшистые и зеленомошные группы типов леса на почвах легкого механического состава.

Для этого требуется минерализация почвы под пологом леса. При наличии здесь подроста под пологом сплошные рубки с его сохранением делают возможным формирование нового поколения сосны. При полнотах 0,7 и выше равномерные постепенные рубки в два приема способствуют сопутствующему возобновлению сосны.

Следует пересмотреть соотношение способов рубок спелых сосняков в пользу выборочных, что даст значительный экономический эффект при арендном ведении хозяйства.

В сосняках сложных восстановления после рубок спелого леса естественным путем идет со сменой сосны на липу, реже клен. Здесь при ориентации на сосну требуется создание искусственных насаждений, хотя это сопряжено с большими затратами на лесокультурные и лесоводственные уходы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авров Ф.Д. Восстановление устойчивых лесных насаждений // Лесн. хоз-во. 2000. № 2. С. 33–35.
2. Авров Ф.Д. Генетическая устойчивость лесов // Там же. 2001. № 3. С. 46–47.
3. Денисов С.А., Егоров В.М. Естественное возобновление сосны в Пензенской области. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. 168 с.
4. Колобов Н.В. Климат Среднего Поволжья. Казань: КГУ, 1968. 252 с.
5. Мелехов И.С. Лесоведение: учеб. 3-е изд., испр. и доп. М.: МГУЛ, 2005. 372 с.

6. Милютин Л.И. Генетико-эволюционные основы устойчивости лесных экосистем // Лесоведение. 2003. № 1. С. 16–20.

7. Устойчивое управление лесным хозяйством: научные основы и концепции: учеб. пособие для вузов / А.С. Алексеев [и др.]; под общ. ред. А.В. Селиховкина. СПб. – Йоэнсуу: СПбГЛТА, 1998. 222 с.

8. Фрейберг И.А. Пестициды – новый экологический фактор // Лесн. хоз-во. 2001. № 1. С. 34–35.

9. Цветков В.Ф. Динамические ряды лесообразования в связи со сплошными рубками на Европейском Севере // Науч. тр. МГУЛ. М., 1995. № 274. С. 50–57.

10. Vagner S., Lundqvist L. Regeneration techniques and the seedling environment from a European perspective // Restoration of boreal and temperate forests / 2005 by CRC Press. P.153–171.

Поступила 03.02.09

N.V. Demicheva¹, S.A. Denisov², V.M. Egorov³

¹ Forest Management Agency of Penza Region

² Mari State Technical University

³ Administration of Sosnovoborsk District, Penza Region

To Choosing Reforestation Methods for Pine Forests of Penza Region

The results of pine regeneration on the cleared spaces and under the canopy are provided in connection with the forest types. It is recommended to refuse from the artificial reforestation and use the existing regeneration potential of pine forests.

Keywords: pine, natural reforestation, forest cultures, density, canopy closeness, undergrowth density.

УДК 674.032.13:581.11

В.Н. Карасев, М.А. Карасева

Марийский государственный технический университет

Карасев Валерий Николаевич родился в 1942 г., окончил в 1965 г. Поволжский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии Марийского государственного технического университета. Имеет более 90 печатных работ в области физиологии древесных растений.
Тел.: 8(8362) 94-91-82



Карасева Маргарита Антиповна родилась в 1941 г., окончила в 1965 г. Поволжский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ Марийского государственного технического университета. Имеет более 110 печатных работ в области искусственного лесовосстановления и интродукции древесных растений.
Тел.: 8(8362) 71-06-50



ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Приведены показатели водного режима деревьев ели европейской разного физиологического состояния. Установлены причины их усыхания.

Ключевые слова: ель европейская, усыхание, диагностика, водный режим, жизнеспособность.

Изучение водного режима растений позволяет выявить механизмы их адаптации к неблагоприятным факторам внешней среды, охарактеризовать степень экологической устойчивости в различных лесорастительных условиях, выяснить закономерности протекания физиологических процессов и своевременно провести мероприятия, направленные на повышение устойчивости и жизнеспособности лесных фитоценозов. По данным многих исследований, самое трудное время для древесных растений наступает в конце зимы, когда почва еще не оттаяла, а солнце все сильнее нагревает ветви и ускоряет транспирацию [4, 5], однако особенности водного режима в данный период изучены слабо.

Цель нашей работы – выявить взаимосвязи параметров водного режима деревьев ели европейской в ранневесенний период с физиологическим состоянием и оценить их жизнеспособность.

При выполнении комплексных исследований определяли: влажность хвои и древесины, скорость водного

тока, расход воды деревом, температуру стволов деревьев в заданных точках, интенсивность фотосинтеза и транспирации, содержание хлорофилла, показатели роста, биоэлектрические потенциалы (БЭП), электрическое общее сопротивление прикамбиального комплекса тканей (импеданс ПКТ).

Интенсивность транспирации находили методом быстрого взвешивания. Биоэлектрические потенциалы измеряли высокоомным ламповым милливольтметром постоянного тока с электрометрическим усилителем, с применением платиновых электродов. Импеданс прикамбиального комплекса тканей определяли на частоте 0,5 кГц с помощью электродов игольчатого типа диаметром 1 мм и длиной 10 мм, вводимых с северной стороны с базой 10 см. Температуру стволов деревьев в заданной точке устанавливали на основе терморезистивного эффекта [2]. Линейную скорость водного тока измеряли кондуктометрическим экспресс-методом [4], содержание общего хлорофилла – фотоэлектроколориметрическим [1].

В последние годы как в Среднем Поволжье, так и в других регионах (Московская, Брянская, Архангельская и другие области) наблюдается массовое усыхание насаждений ели европейской на значительных площадях [3, 4, 6, 7]. Отмечается, что усыхание ели, как правило, скоротечно, характеризуется единичным, куртинно-групповым и сплошным отмиранием деревьев, причем как в спелых, приспевающих, так и в средневозрастных насаждениях. В ряде случаев причиной гибели ели является ранневесенняя засуха [4].

Усыхание деревьев ели весной чаще носит куртинный характер и сопровождается интенсивным опадением еще зеленой хвои вначале в нижней части крон, а впоследствии в средней и верхней. В последующем на таких деревьях поселяются вторичные вредители. Усыхают чаще деревья старших классов возраста, занимающие господствующее положение в пологе чистых или близких к ним по составу высокополнотных насаждений. Периодически весной в Среднем Поволжье на со-

стояние деревьев ели оказывают экстремальное воздействие крайне неблагоприятные климатические факторы: высокая температура воздуха в полдень (до 20 °С и выше), сильная солнечная радиация при наличии в лесу снежного покрова, частые штормовые ветры (до 17...23 м/с), временами низкая относительная влажность воздуха (33...45 %). При этом в худших условиях оказываются деревья с пониженным запасом влаги в стволах или расположенные на участках с неоттаявшей почвой. У таких деревьев при отсутствии подачи воды корнями и чрезмерном расходовании ее надземной частью на участке ствола ниже кроны происходит резкое снижение влажности заболонной древесины (до 30...35 % от сухой массы), что приводит к иссушению и отмиранию луба и камбия по окружности ствола (табл. 1, данные здесь и далее для деревьев ели диаметром 32±2 см, поврежденных ранневесенней засухой, по состоянию на первую декаду мая).

Таблица 1

Изменение влажности водопроводящей ксилемы по высоте ствола

Высота ствола, м	Влажность ксилемы, % от абс. сухой массы, деревьев					
	неповрежденных		слабо поврежденных		летально поврежденных	
	X	m_x	X	m_x	X	m_x
0,3	195,2	6,80	124,4	4,45	136,7	5,01
1,3	154,5	4,91	113,0	5,74	114,1	5,82
2,0	150,6	1,89	104,8	6,63	108,2	5,28
4,0	142,9	2,54	89,7	5,83	98,7	1,85
6,0	139,2	4,10	82,0	2,27	60,9	3,95
8,0	136,4	2,20	102,2	2,00	43,8	3,23
10,0	147,6	2,70	114,3	4,86	38,3	1,37
12,0	156,2	4,60	127,2	5,05	38,8	1,32
14,0	155,7	4,51	125,6	7,17	42,7	3,62
16,0	157,5	5,10	122,7	6,90	57,0	2,84
18,0	148,4	3,75	121,4	4,30	62,0	2,95
20,0	150,4	4,28	128,9	8,00	65,9	4,95
22,0	147,5	2,48	135,3	10,00	67,6	2,28
24,0	154,9	5,30	139,4	9,31	76,1	2,68
26,0	158,8	2,90	147,1	7,74	80,7	2,98

Примечание. X – среднее значение, m_x – ошибка среднего.

Таблица 2

Влажность хвои, % от абс. сухой массы, и содержание общего хлорофилла, мг/г сухого вещества

Часть кроны	Возраст хвои, лет	Влажность хвои деревьев					Содержание общего хлорофилла в хвое деревьев				
		неповрежденных		летально поврежденных		Существенность различий	неповрежденных		летально поврежденных		Существенность различий
		X	m_x	X	m_x		X	m_x	X	m_x	
Верхняя	1	113,7	5,04	108,8	4,78	0,70	1,867	0,12	1,961	0,08	0,65
	2	104,3	2,81	100,7	1,85	1,07	2,246	0,11	2,283	0,13	0,22
	3	93,0	4,23	90,7	3,54	0,42	2,781	0,15	2,810	0,11	0,15
Средняя	1	112,5	3,08	110,0	2,36	0,64	2,478	0,12	2,310	0,18	0,78
	2	111,7	4,93	104,3	2,00	1,39	2,910	0,15	3,022	0,15	0,53
	3	98,5	1,20	78,0	1,47	10,79	3,583	0,21	3,166	0,11	1,76
Нижняя	1	106,5	2,21	50,2	1,39	21,57	2,571	0,19	2,398	0,13	0,75
	2	104,6	3,04	44,5	2,15	16,16	3,492	0,28	3,077	0,18	1,24
	3	98,7	1,17	35,0	1,07	40,32	4,070	0,25	3,599	0,23	1,38

Примечание. Стандартный критерий Стьюдента $t_{st} = 2,12$ при $P = 0,95$ и $V = 16$.

Далее зона отмирания камбия распространяется вниз и вверх по стволу и сопровождается интенсивным опадением зеленой хвои в нижней части

кроны. Опадающая хвоя имеет высокое содержание хлорофилла (2,968 мг/г) и низкую влажность (35...40 % к абс. сухой массе) – табл. 2.

Таблица 3

Изменение низкочастотного электрического сопротивления ПКТ по высоте ствола

Высота ствола, м	Неповрежденные деревья			Летально поврежденные деревья		
	X , кОм	m_x , кОм	C , %	X , кОм	m_x , кОм	C , %
0,3	40,3	1,26	7,62	21,8	2,66	29,9
1,3	43,2	1,60	9,08	25,0	3,50	34,3
2,0	45,6	1,52	8,15	40,5	4,43	26,8
4,0	52,3	2,04	9,57	68,0	14,30	51,7
6,0	59,5	2,28	9,37	130,0	17,10	32,2
8,0	62,8	3,54	13,80	164,8	16,80	24,9
10,0	58,8	2,56	10,70	189,0	12,50	16,1
12,0	51,8	2,34	11,10	193,2	11,90	15,2
14,0	44,5	1,20	6,63	185,3	13,90	18,3
16,0	43,8	0,91	5,03	178,0	13,68	18,8
18,0	45,3	1,93	10,40	176,5	13,44	18,7
20,0	53,6	3,55	16,20	183,0	12,70	17,0
22,0	61,7	4,84	19,20	196,3	12,70	15,8
24,0	74,8	8,24	26,98	215,8	12,80	14,5
26,0	91,0	8,10	21,80	237,3	13,80	14,2

Хвоя верхних ярусов кроны, обладая большой сосущей силой, перераспределяет воду из хвои и побегов нижних ярусов. При отмирании луба и камбия в критической зоне транспорт воды по ксилеме прекращается даже при возобновлении корневой деятельности после оттаивания почвы. По содержанию в хвое общего хлорофилла летально поврежденные деревья ели существенно не отличаются от здоровых или слабо поврежденных (табл. 2). Содержание общего хлорофилла в хвое, опадающей с нижней и средней частей крон летально поврежденных деревьев ели, достаточно высокое и составляет в среднем $2,968 \pm 0,31$ мг/г сухого вещества.

Отсутствие существенных различий в содержании общего хлорофилла в хвое, размерах и синхронности радиальных приростов стволов за последние 10 лет, размерах хвои и др. между летально поврежденными и неповрежденными деревьями ели свиде-

тельствует о том, что до развития ранневесенней засухи деревья не различались существенно и по своему физиологическому состоянию. При измерении низкочастотного электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей выявлено его более высокое значение в подкроновом пространстве (табл. 3).

Следует отметить, что летально повреждаемые ранневесенней засухой деревья уже в начальной фазе статистически значимо отличаются от неповрежденных температурой стволов, влажностью древесины, луба, камбия, значениями импеданса (комплексного электрического сопротивления) ПКТ в критической зоне стволов (табл. 3), а также скоростью водного тока, которая в полуденное время у неповрежденных засухой деревьев достигает 0,15...0,20, у слабо поврежденных – 0,05...0,10 м/ч, а у летально поврежденных практически не обнаруживается, пока в корнеобитаемом слое почвы

не растает почвенный лед. После таяния льда живые корни таких деревьев начинают активно подавать воду в уже отмирающие стволы.

Измерения температуры стволов с северной стороны на высоте 1,3 м показывают, что у деревьев, не имею-

щих в это время водного тока, она в заданных точках на 4 °С выше, чем у неповрежденных (табл. 4). Для корневых шеек неповрежденных и летально поврежденных деревьев разница еще больше.

Таблица 4

Температура деревьев ели различных категорий на высоте 1,3 м

Категория жизнеспособности	X , °С	m_x , °С	σ	C , %	P , %	T
Неповрежденные	19,2	0,98	0,311	1,60	0,5	195,0
Слабо поврежденные	20,3	0,08	0,270	1,30	0,4	240,7
Летально поврежденные	22,4	0,18	0,560	0,56	0,8	126,5

По результатам дисперсионного анализа в 70,9 % случаев температура стволов деревьев ели, подверженных действию ранневесенней засухи, связана с их жизнеспособностью. По импедансу ПКТ этот показатель намного ниже – 43,9 %. Метод малоинформативен, так как импеданс ПКТ в нижней части стволов летально поврежденных деревьев после оттаивания корневой системы (на 1,0...2,5 недели позже) и подачи воды в уже отмирающий ствол значительно ниже, чем у неповрежденных из-за возрастания влажности растительных тканей в зоне отмирания. При этом различия по импедансу существенны, но противоречат теории метода. Однако данный метод обладает высокой информативностью в критической зоне ствола (под кроной, на высоте 6...10 м), влажность которой у летально поврежденных деревьев очень низкая и не увеличивается существенно даже при возобновлении корневой деятельности, но эта зона труднодоступна для измерений. Непригоден в данном случае и метод оценки БЭП из-за календарных сроков.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Наибольший ущерб от ранневесенней засухи наблюдается после суровых морозных зим с глубоким промерзанием почвы, особенно когда сильные морозы устанавливаются при незначительном по толщине снежном покрове. Куртинное размещение отмерших деревьев объясняется существованием под ними в весеннее время почвенного льда в виде линз соответствующей конфигурации. Повреждаются чаще всего деревья старших классов возраста, занимающие господствующее положение в пологе чистых или близких к ним по составу высокополнотных насаждений. Связь степени усыхания ели с ее формовым разнообразием и типами леса не установлена. Ущерб от ранневесенней засухи, в основе которой лежит явление физиологической сухости, меньше в насаждениях с участием ели в составе 0,3–0,4 единицы и там, где лесная подстилка лучше разлагается за счет значительной доли опада лиственных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годнев Т.Н. Строение хлорофилла и методы его количественного определения. Минск, 1952. 327 с.

2. Горышина Т. К. Экология растений: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1979. 368 с.
3. Иванов В.П., Глазун И.Н. Усыхание еловых лесов – проблема регионов // Актуальные проблемы лесного комплекса СССР. Брянск, 2000. С. 98–100.
4. Карасев В.Н. Физиология растений: учеб. пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. 304 с.
5. Коловский Р.А. Биоэлектрические потенциалы древесных растений. Новосибирск: Наука, 1980. 176 с.
6. Маслов А.Д. Усыхание еловых лесов от засух по европейской территории СССР // Лесоведение. 1972. № 6. С. 77–87.
7. Пчелин В.И. О влиянии биоэкологических факторов на усыхание ели в лесах Марийской

АССР //Сб. по обмену производствен. и науч. опытом (Йошкар-Ола). 1980. Вып. 9. С. 75–82.

Поступила 03.02.09

V.N. Karasev, M.A. Karaseva
Mari State Technical University

Peculiarities of Water Regime of Common Spruce in Early Spring Period

Characteristics of water regime of common spruce in different physiological state are provided. The reasons for its drying are set.

Keywords: common spruce, drying, diagnostic, water regime, viability.



УДК 519.8:621.865.8

Д.В. Кузьмин, О.А. Томилова

Северный (Арктический) федеральный университет

Кузьмин Дмитрий Васильевич родился в 1972 г., окончил в 1996 г. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, кандидат технических наук, доцент кафедры робототехнических систем, машин и оборудования лесного комплекса Северного (Арктического) федерального университета. Имеет около 20 научных работ в области мехатроники и робототехнических систем.
E-mail: mijulik@bk.ru



Томилова Ольга Александровна родилась в 1986 г., студентка Архангельского государственного технического университета. Область научных интересов – мехатроника и робототехнические системы.
Тел.: 8 906 285 65 41



МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МНОГОКОНТУРНЫХ МЕХАНИЗМОВ НА ОСНОВЕ АНАЛОГОВ УСКОРЕНИЙ, АППРОКСИМИРОВАННЫХ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Показано, что разработанная на основе предложенного метода приближенная модель динамики механизма с качающимся цилиндром позволяет существенно сократить объем вычислений и обладает достаточной для практических целей точностью.

Ключевые слова: динамика механизмов, кинематические контуры, компьютерная алгебра, математическое моделирование, аналог ускорения, аппроксимация, кусочно-линейная функция.

Механизмы используемых в лесной промышленности подъемно-транспортных и технологических машин, функционирование которых связано с необходимостью развивать большие усилия, часто имеют структуру, включающую в себя замкнутые кинематические контуры. Примером подобной машины является гидроманипулятор СФ-65, механизм которого содержит два кинематических контура с качающимся цилиндром и один четырехшарнирный контур (рис. 1). Применение компьютерной алгебры при математическом моделировании динамики механизмов с такой структурой встречает определенные затруднения, так как теоретически точные функции положений контуров могут представлять собой сложные аналитические выражения, содержащие дробные степени и обратные тригонометрические функции.

Цель наших исследований – разработать методы построения более простых функций, которые бы с достаточ-

ной для инженерных задач точностью описывали кинематические свойства механизмов, включающих в себя замкнутые контуры, но требовали бы существенно меньших объемов вычислений.

Пусть функция положения рычажного механизма с одной степенью свободы и несколькими замкнутыми контурами имеет вид $y = f(x)$ (где x , y – координаты входного и выходного звеньев соответственно, $x \in [a, b]$). Требуется найти функцию $y' = F(x)$, являющуюся гладкой (кусочно-гладкой) вместе с ее первой производной на интервале $[a, b]$ и обладающую следующими свойствами:

$$F(a) = f(a), \quad dF(a)/dx = df(a)/dx;$$

$$d^2F(x_i)/dx^2 = d^2f(x_i)/dx^2,$$

$$x_i \in [a, b], \quad i = 0, n, \quad x_0 = a, \quad x_n = b.$$

Интервалы (x_i, x_{i+1}) должны быть таковы, чтобы взвешенная средняя квадратическая ошибка второй производной (аналога ускорения) на них не превышала установленного значения [1]:

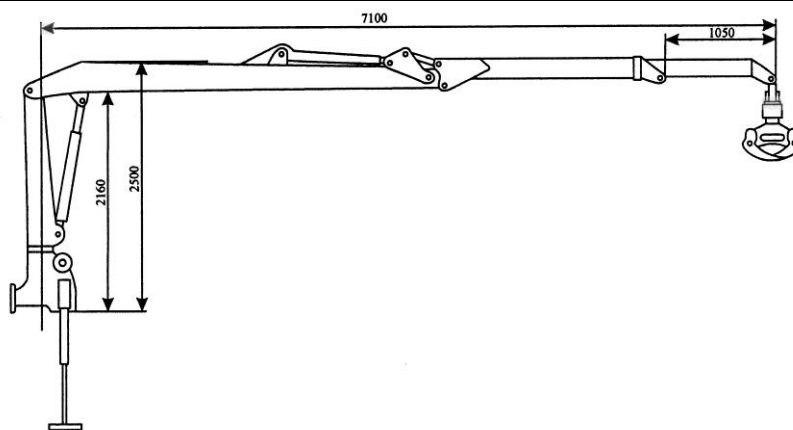


Рис. 1. Общий вид гидроманипулятора СФ-65

$$\sigma = \sqrt{\gamma \int_{x_i}^{x_{i+1}} \left[\frac{d^2 F(x)}{dx^2} - \frac{d^2 f(x)}{dx^2} \right]^2 dx} \leq \delta, \quad (1)$$

где γ – заданный неотрицательный весовой коэффициент.

Указанные свойства функции $F(x)$ вместе с условием (1) обеспечивают

$$\frac{d^2 F(x)}{dx^2} = \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} (y_{i+1} - y_i) + y_i, \quad i = \overline{0, n-1}, \quad (2)$$

крайние точки отрезков которой определяются согласно условиям поставленной задачи. Тогда приближенные аналог скорости и функцию положения механизма вычисляют интегрированием (2):

$$\frac{dF(x)}{dx} = A_i(x) + c_i;$$

$$F(x) = B_i(x) + d_i, \quad i = \overline{0, n-1}, \quad (3)$$

где $A_i(x) = k_i x^2 / 2 + b_i x$;

$$k_i = (y_{i+1} + y_i) / (x_{i+1} - x_i),$$

$$b_i = y_i - k_i x_i;$$

$$B_i(x) = k_i x^3 / 6 + b_i x^2 / 2 + c_i x.$$

Константы интегрирования

$$c_i = \begin{cases} \frac{df(a)}{dx}, & i = 0; \\ \frac{dF(x_i)}{dx} - A_i(x_i), & 0 < i \leq n-1; \end{cases} \quad (4)$$

$$d_i = \begin{cases} f(a), & i = 0, \\ F(x_i) - B_i(x_i), & 0 < i \leq n-1. \end{cases}$$

В процессе формирования модели динамики механизма с одноподвижными контурами и несколькими степенями свободы вычисления по формулам (1) – (4)

достаточное приближение к теоретически точной функции положения $f(x)$, так как при интегрировании среднеквадратическая ошибка уменьшается. Наиболее простой является аппроксимация аналога ускорения с помощью кусочно-линейной функции:

выполняются на основе передаточных функций контуров, рассчитанных по точным функциям положений для конкретных значений геометрических параметров звеньев. В качестве весового коэффициента γ можно принять значение, вычисляемое по величине диапазона изменения точного аналога ускорения на интервале $[a, b]$. Допускаемая средняя квадратическая ошибка δ назначается таким образом, чтобы точность приближения была удовлетворительной, а число интервалов n как можно меньше. В дальнейшем исследование динамики механизма проводится на основе математической модели с приближенными передаточными функциями контуров, что позволит существенно сократить время вычислений и экономно использовать ресурсы компьютера.

Применение разработанного метода построения приближенных кинематических характеристик рассмотрим на примере одноконтурного механизма с качающимся цилиндром (рис. 2).

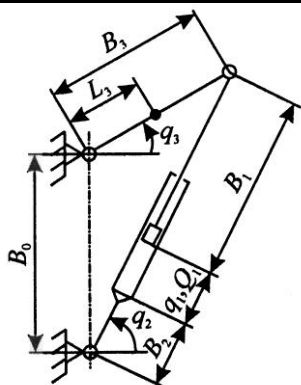


Рис. 2. Схема одноконтурного механизма с качающимся цилиндром ($q_2 = f_2(q_1) = \arccos \left[\frac{B_3 \cos \varphi_3(q_1)}{B + q_1} \right]$; $B = B_1 + B_2$;

$$q_3 = f_3(q_1) = \arcsin \left[\frac{\varphi_3 + q_1^2 - B_0^2 - B_3^2}{2B_0B_3} \right]$$

Модель динамики механизма, учитывающая только массу коромысла 3, описывается уравнением [2]

$$Q_1 = \Psi_{31} m_3 L_3^2 \ddot{q}_3, \quad (5)$$

где Q_1 – усилие, развиваемое гидроцилиндром;

Ψ_{31} – скорость, $\Psi_{31} = df_3/dq_1$;

$$\Psi_{31} = 2(B + q_1) \left[B_0 B_3 \left[4 - (B_0 B_3)^{-2} \left[(B + q_1)^2 - B_0^2 - B_3^2 \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{-1}; \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \partial \Psi_{31} / \partial q_1 = & 2(B_0 B_1)^{-1} \left[4 - (B_0 B_3)^{-2} \left[(B + q_1)^2 - B_0^2 - B_3^2 \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} + 2(B + q_1)^2 \left[(B + q_1)^2 - B_0^2 - B_3^2 \right] \times \\ & \times (B_0 B_3)^{-3} \left[4 - (B_0 B_3)^{-2} \left[(B + q_1)^2 - B_0^2 - B_3^2 \right]^2 \right]^{-\frac{3}{2}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Коэффициенты полиномов, приближенно описывающих кинематические характеристики механизма с параметрами $B = B_0 = 0,7$ м, $B_3 = 0,4$ м, полу-

m_3 – масса коромысла 3;
 \ddot{q}_3 – угловое ускорение коромысла 3,

$$\ddot{q}_3 = \Psi_{31} \ddot{q}_1 + (d\Psi_{31}/dq_1) \dot{q}_1^2.$$

Точные формулы аналогов скорости и ускорения данного механизма имеют следующий вид:

ченные согласно (1) – (4) и с учетом $a = 0$, $b = 0,3$ м, $\gamma = 0,051$, $\delta = 0,005$, приведены в таблице.

Коэффициент	$i = 0$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$
k_i	20,854	55,641	135,981	260,676
b_i	1,698	-3,521	-22,079	-56,869
c_i	2,609	3,000	5,144	9,997
d_i	-0,290	-0,310	-0,475	-0,926

Графики точного (пунктирная линия) и приближенного (сплошная линия) аналогов ускорения приведены на рис. 3, а, скорости – на рис. 3, б, функций положения – на рис. 3, в. Усилие Q_1 , развиваемое гидроприводом при осуществлении движения штока относительно цилиндра по закону $q_1(t) = 0,3 \left[\tau - \varphi \sin(2\pi t / \tau) \right]$ (где время $\tau = 5$ с; масса коромысла $m_3 = 500$ кг), приведено на графике (рис. 3, г). Пунктирной линией показано усилие Q_1 , вычисленное по точным формулам, сплошной линией – по приближенным

формулам для кинематических характеристик механизма. Анализ графиков показывает, что даже при малом числе интервалов ($n = 4$) результаты исследования динамики точной и приближенной моделей механизма практически совпадают. При этом время, затрачиваемое компьютером на вычисление усилия Q_1 согласно формуле (5) с помощью пакета программ Mathcad 2001 по полученным приближенным характеристикам примерно в 4 раза меньше затраченного на расчет по точным характеристикам.

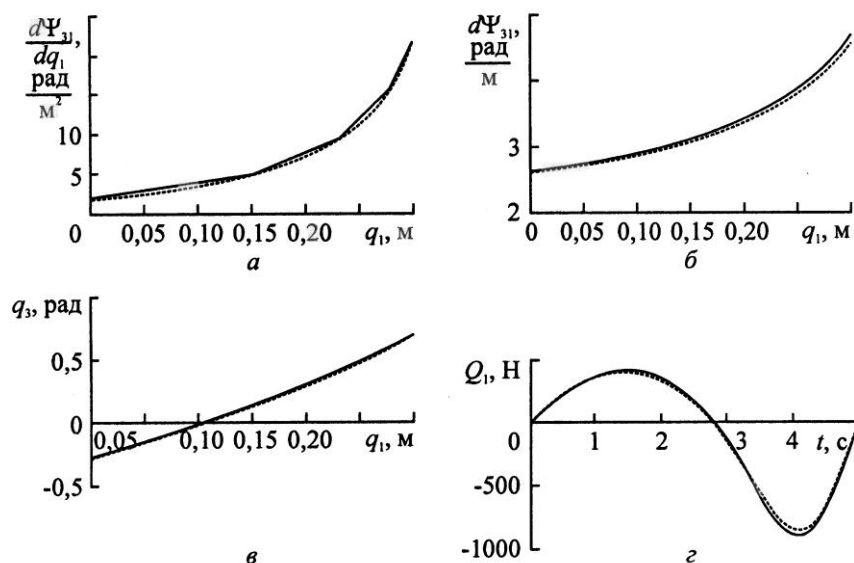


Рис. 3. Графики точного (пунктирная линия) и приближенного (сплошная линия) аналогов ускорения (а), скорости (б), функций положения (в) и усилия (з)

Вывод

Предложенный метод построения приближенных кинематических характеристик механизмов с наличием замкнутых контуров, основанный на аппроксимации аналога ускорения кусочно-линейной функцией, позволяет существенно сократить объем вычислений, необходимых для исследования математических моделей динамики. Результаты вычислений с применением полученных данным методом приближенных кинематических характеристик, даже при малом числе интервалов, обладают достаточной для инженерных целей точностью, что позволяет использовать метод в задачах построения рабочих математических моделей динамики механизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике / Пер. с англ. И.Г. Арамановича [и др.]; под общ. ред. И.Г. Арамановича. М.: Наука, 1978. 832 с.

2. Кузьмин Д.В. Моделирование динамики мехатронных систем. Уравнения и алгоритмы: Монография. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. 120 с.

Поступила 13.05.09

D.V. Kuzmin, O.A. Tomilova
Northern (Arctic) Federal University

Dynamics Simulation of Multicircuit Mechanisms based on Acceleration Analogs Approximated by Piecewise Linear Functions

It is shown that the approximated dynamics model of mechanism with oscillating cylinder developed based on the proposed method allows to sufficiently reduce the computational intensity and possesses enough accuracy for practical purposes.

Keywords: dynamics of mechanisms, kinematic circuits, computer algebra, mathematic simulation, acceleration analog, approximation, piecewise linear functions.

УДК 630*378

С.В. Посыпанов

Северный (Арктический) федеральный университет

Посыпанов Сергей Валентинович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры водного транспорта леса и гидравлики Северного (Арктического) федерального университета. Имеет около 30 печатных работ в области лесотранспортного использования малых и средних рек, информационного обеспечения лесопромышленного производства.
Тел.: 8(8182) 21-61-50



КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПАКЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ, УЛОЖЕННОГО НА ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

На основе эластиковой теории получены аналитические зависимости для определения натяжения в обвязках пакета круглых лесоматериалов, уложенного на горизонтальном основании.

Ключевые слова: лесосплав, пакет, пучок, обвязка, эластика.

Для транспортировки древесины по водным путям без потерь, минимизации воздействия на водную среду весьма существенна правильная оценка прочностных характеристик лесотранспортных единиц, в частности пакетов круглых лесоматериалов или лесосплавных пучков. В принятой ныне трактовке под прочностью лесосплавного пучка понимается способность обвязок обеспечивать сохранение его формы под действием сил распора бревен. Она характеризуется прочностью обвязок [4].

Наибольшую нагрузку в состоянии покоя обвязки испытывают, когда пакет лесоматериалов уложен на твердое основание, например на плотбище. Этот случай будем рассматривать как расчетный.

Согласно эластиковой теории [2] совокупность комплектующих пакет бревен уподобляется некой несжимаемой жидкости, а сам пакет – части матерчатой невесомой бесконечно длинной цилиндрической оболочки, наполненной под давлением этой жидкостью.

Поперечный профиль пакета бревен, лежащего на плоской горизонтальной поверхности (рис. 1), в данном случае может быть описан параметрическими уравнениями в осях xOy :

$$x = \frac{1}{4} Hf; \quad (1)$$

$$y = H\Delta, \quad (2)$$

где y – ордината, расстояние по вертикали от любой точки кривой профиля до уровня жидкости в пьезометрической трубке на расчетной схеме;

x – абсцисса;

H – характерная высота.

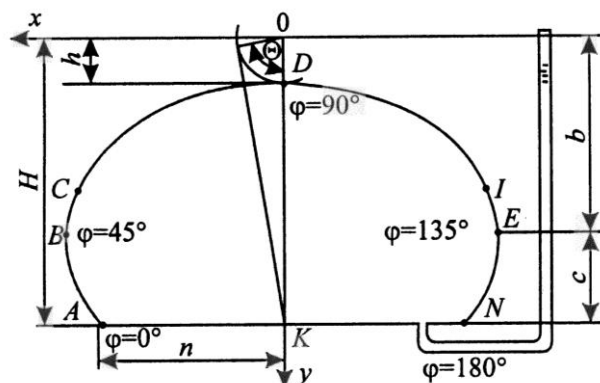


Рис. 1. Расчетная схема пакета бревен, лежащего на плоской горизонтальной поверхности

$$f = f(\Theta, \varphi) = 2 \left\{ (2 - \sin^2 \Theta) [K(\Theta) - F(\Theta, \varphi)] - 2 [E(\Theta) - E(\Theta, \varphi)] \right\}; \quad (3)$$

$$\Delta = \Delta(\Theta, \varphi) = \sqrt{1 - \sin^2 \Theta \sin^2 \varphi}; \quad (4)$$

Θ – модулярный угол;

$K(\Theta), E(\Theta)$ – полные эллиптические интегралы;

$F(\Theta, \varphi), E(\Theta, \varphi)$ – неполные эллиптические интегралы;

φ – угол, изменяющийся вдоль кривой так, как отмечено на рис. 1.

Для заданной кривой, называемой бесперегибной эластикой, характерная высота H и модулярный угол Θ постоянны. Таким образом, в рассматриваемом случае параметром является угол φ .

Из уравнений (1) и (2) можно получить выражения для определения основных геометрических характери-

$$C = \frac{B_{\Pi}}{H_{\Pi}} = \frac{1}{2} \left\{ (2 - \sin^2 \Theta) [K - F(\Theta, 45^\circ)] - 2 [E - E(\Theta, 45^\circ)] \operatorname{cosec}^2 \frac{\Theta}{2} \right\}. \quad (9)$$

Как видно из выражения (9), коэффициент C является только функцией от модулярного угла Θ . Между этими величинами существует однозначная зависимость. Можно также сказать, что угол Θ является функцией от C . Каждая из этих величин однозначно определяет форму эластички, а характерная высота H – размеры кривой.

Недостаток выражений, полученных благодаря эластиковой теории, заключается в том, что они не позво-

стик пакета. Ограничимся лишь теми, которые понадобятся нам в данном случае.

Высота пакета

$$H_{\Pi} = H - h = (1 - \cos \Theta)H = 2H \sin^2 \frac{\Theta}{2}. \quad (5)$$

Ширина пакета

$$B_{\Pi} = 2x_B = \frac{1}{2} H f(\Theta, 45^\circ). \quad (6)$$

Произведение ординаты точки линии (y) и ее кривизны (ρ)

$$y\rho = \frac{1}{4} H^2 \sin^2 \Theta = \text{const}. \quad (7)$$

Площадь поперечного сечения пакета

$$\Omega = H^2 [(2 - \sin^2 \Theta)K - 2E]. \quad (8)$$

На основании формул (5) – (7) запишем коэффициент формы пакета:

можно получить в явном виде зависимость одних общеупотребимых параметров пакета от других. Приходится задаваться различными значениями Θ и φ и находить соответствующие параметры, например высоту и ширину пакета.

В данном случае представляет интерес безразмерная величина

$$h_p = \frac{H}{H_{\Pi}}.$$

В соответствии с выражением (5)

$$h_p = \frac{H}{(1 - \cos \Theta)H} = \frac{1}{1 - \cos \Theta} = \frac{H}{2H \sin^2 \frac{\Theta}{2}} = \frac{1}{2 \sin^2 \frac{\Theta}{2}}. \quad (10)$$

Эта величина показывает относительную высоту или толщину слоя «пучковой жидкости» в пьезометре, во сколько раз она больше высоты пучка. Согласно выражению (10) h_p зависит от модулярного угла Θ или коэффици-

ента формы C , т. е. только от формы пучка.

Для практических целей зависимость h_p от Θ удобнее заменить зависимостью h_p от C , что несложно сделать, имея в виду выражение (9). Зави-

симось $h_p = \gamma(C)$ можно представить в табличном виде (табл. 1).

Таблица 1

Θ, град	C	h_p	Θ, град	C	h_p
45	1,16	3,41	75	1,75	1,35
60	1,33	2,00	80	2,04	1,21
65	1,43	1,73	85	2,59	1,10
70	1,56	1,52	89	4,04	1,02

Для речных пакетов, т. е. при $C = 2 \dots 3$ величина H превышает высоту пакета H_n не более чем на 21 %. При этом зависимость h_p от C в указанном диапазоне близка к линейной. Для промежуточных C значения h_p можно с достаточной точностью получить в результате интерполяции.

В связи с тем, что при сплотке пучков на берегу зачастую приходится в качестве опоры использовать соседний готовый пучок, интерес могут представлять такие безразмерные величины, как c/H и n/H (рис. 1). Первая из них – это относительная высота наиболее выступающей боковой точки пучка:

$$h_E = \frac{c}{H} = 1 - \sqrt{\frac{2 - \sin^2 \Theta}{2}}, \quad (11)$$

Для речных пучков при $C = 2 \dots 3$ величина h_E меняется очень незначительно. Высота наиболее выступающей боковой точки пучка составляет чуть менее 30 % от H , которая, в свою очередь, в указанном диапазоне C немного превышает высоту самого пучка. Для озерных пучков при $C \leq 1,5$ разброс h_E хотя и несколько больше,

вторая – относительное полуотверстие элаستي:

$$b_n = \frac{n}{H} = \frac{1}{2} [(2 - \sin^2 \Theta)K - 2E]. \quad (12)$$

Учитывая, что верхняя часть элаستي с обеспечением достаточной точности может быть заменена полуэллипсом, а нижняя двумя четвертями эллипсов [2], можно утверждать, что величины h_E , b_n в совокупности с C дают достаточно полное представление о форме элаستي. Размеры ее определяются величиной H .

Для полноты картины рассмотрим еще одну безразмерную величину – относительную площадь поперечного сечения пакета ω_H . С учетом выражения (8)

$$\omega_H = \frac{\Omega}{H^2} = (2 - \sin^2 \Theta)K - 2E. \quad (13)$$

Согласно формулам (11) – (13) рассматриваемые безразмерные величины зависят только от модулярного угла Θ . Для практики лесосплава их лучше заменить зависимостями от коэффициента формы C , как мы это уже делали для h_p . Они представлены в табличной форме (табл. 2).

Таблица 2

Θ, град	C	h_E	b_n	c/H_n	n/H_n	ω_H
45	1,16	0,134	0,040	0,457	0,136	0,080
60	1,33	0,209	0,137	0,419	0,273	0,273
65	1,43	0,232	0,197	0,402	0,341	0,394
70	1,56	0,253	0,280	0,384	0,426	0,561
75	1,75	0,270	0,400	0,364	0,540	0,801
80	2,04	0,282	0,584	0,342	0,707	1,168
85	2,59	0,290	0,918	0,318	1,005	1,835
89	4,04	0,293	1,717	0,298	1,748	3,435

но тоже невелик. Здесь H существенно больше высоты пучка. Полагаем, что интерес представляют также отношения c и n к высоте пучка H_n , которые также приведены в табл. 2.

Зависимости относительного полуотверстия элаستي от коэффициента формы пакета близки к линейным. Для этого случая мы подобрали

эмпирические выражения (при $C = 1,16...4,04$)

$$b_{\Pi} = 0,586C - 0,630; \quad (14)$$

$$\frac{n}{H_{\Pi}} = 0,550C - 0,446. \quad (15)$$

Зависимость относительной площади от коэффициента формы пакета также близка к линейной. Подобрано эмпирическое выражение (при $C = 1,16...4,04$)

$$\omega_H = 1,172C - 1,261. \quad (16)$$

Геометрические параметры пакетов, получаемые с помощью эластической теории, достаточно точны, чего нельзя сказать о силовых характеристиках [6]. Дело в том, что эластическая теория не учитывает силы внутреннего трения в пакете, трение обвязок о бревна. Кроме того, не следует забывать об уже отмеченных неудобствах, связанных с невозможностью в явном виде выразить одни общеупотребимые параметры пакета через другие. В связи с этим, приняв во внимание полученную зависимость $h_p = \gamma(C)$, рассмотрим силовые характеристики пакета, используя другой подход к решению задачи.

Расчетная схема сил, действующих на пакет, уложенный на горизонтальном основании, представлена на рис. 2.

Совокупность бревен пакета будем считать сыпучей средой, которая сжимается под воздействием сил тяжести (равнодействующая G) и реакции основания (равнодействующая R). В результате вертикального сжатия сыпучей среды возникают горизонтальные распорные усилия. Вертикальное давление p в определенной точке наиболее высокого продольного сечения пучка может быть определено по формуле

$$p = \gamma_d \eta g h_o, \quad (17)$$

где γ_d – объемная масса бревен в пакете;
 η – коэффициент полнодревесности пакета;

g – ускорение свободного падения;
 h_o – расстояния по вертикали от точки O (см. рис. 2).

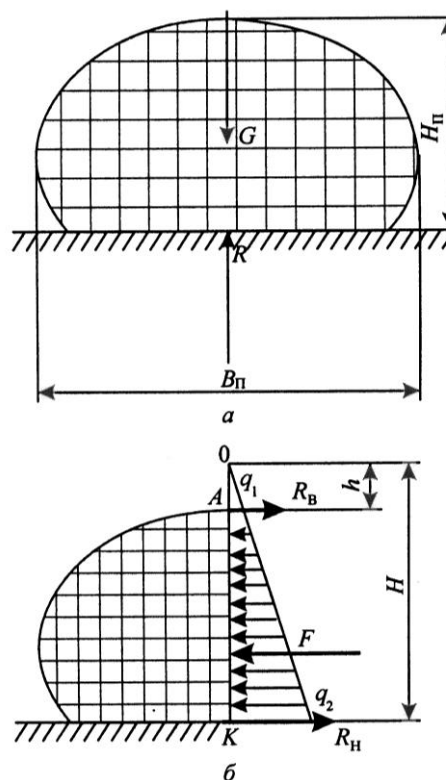


Рис. 2. Расчетная схема сил, действующих на пакет: а, б – схемы соответственно внешних и внутренних сил

Горизонтальное давление q (см. эпюру на рис. 2) пропорционально вертикальному p :

$$q = p \lambda_a, \quad (18)$$

где λ_a – коэффициент активного давления.

Горизонтальное давление в верхней точке пакета

$$q_1 = \gamma_d \eta g \lambda_a (H - H_{\Pi}); \quad (19)$$

в нижней

$$q_2 = \gamma_d \eta g \lambda_a H. \quad (20)$$

Сила горизонтальных давлений для рассматриваемого сечения (равнодействующая распорных усилий)

$$F = 0,5(q_1 + q_2)H_{\Pi}L, \quad (21)$$

где L – длина бревен в пакете.

Это усилие уравнивается реакциями в верхних и нижних ветвях обвязок R_B и R_H .

Сумма моментов относительно точки A :

$$R_H H_{II} - FH_{II} \frac{\frac{1}{3}q_1 + \frac{2}{3}q_2}{q_1 + q_2} = 0; \quad (22)$$

относительно точки K :

$$FH_{II} \frac{\frac{2}{3}q_1 + \frac{1}{3}q_2}{q_1 + q_2} - R_B H_{II} = 0. \quad (23)$$

Выразим R_H и R_B из формул (22), (23), вместо q_1 , q_2 и F подставим правые части выражений (19) – (21) и после преобразований получим

$$R_H = 0,5\gamma_d \eta g \lambda_a LH_{II} \left(H - \frac{1}{3}H_{II}\right); \quad (24)$$

$$R_B = 0,5\gamma_d \eta g \lambda_a LH_{II} \left(H - \frac{2}{3}H_{II}\right). \quad (25)$$

Измерить высоту H весьма проблематично. Вспомним введенную нами относительную высоту h_p , равную отношению H к H_{II} . С учетом этого отношения после несложных преобразований перепишем выражения (24) и (25):

$$R_H = 0,5\gamma_d \eta g \lambda_a LH_{II}^2 \left(h_p - \frac{1}{3}\right); \quad (26)$$

$$R_B = 0,5\gamma_d \eta g \lambda_a LH_{II}^2 \left(h_p - \frac{2}{3}\right). \quad (27)$$

Определить величину h_p можно ранее рекомендованным способом.

Коэффициент активного давления для сыпучей среды может быть установлен из выражения

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (28)$$

Натяжения распределяются на обе обвязки пакета. Подбор сечений обвязок при известном их натяжении отражен в соответствующей нормативно-справочной литературе, не вызывает вопросов и поэтому здесь не рассматривается. Как видно из формул (26), (27), большее натяжение у пакета, лежащего на твердом основании, возникает в нижних ветвях обвязок.

В настоящее время для определения натяжения в обвязках лесосплавного пучка, размещенного на горизонтальном основании, в нормативно-справочной и другой специальной литературе [1, 3, 5, 6] рекомендуется эмпирическая формула

$$R = \frac{0,15}{C - 0,83} mg. \quad (29)$$

В упомянутых литературных источниках не уточняется, для какой части обвязки рекомендуется эта формула.

Для сопоставления эмпирической и аналитических формул преобразуем выражения (26) и (27). Учитывая, что масса пакета может быть определена по формуле

$$m = \frac{\pi}{4} B_{II} H_{II} L \eta \gamma_d,$$

а ширина пакета

$$B_{II} = CH_{II},$$

запишем выражения (26) и (27) в виде

$$R_H = \frac{2\lambda_a \left(h_p - \frac{1}{3}\right)}{C\pi} mg;$$

$$R_B = \frac{2\lambda_a \left(h_p - \frac{2}{3}\right)}{C\pi} mg.$$

Теперь эмпирическая и аналитические формулы отличаются выражениями, расположенными перед произведением mg . Назовем их удельными натяжениями обвязок – натяжениями на единицу веса пакета. Сравним эти величины, представив зависимости удельных натяжений обвязок от коэффициента формы пакета в графическом виде (рис. 3).

По графикам видно, что удельные натяжения в нижних ветвях обвязок, полученные аналитическим путем и по эмпирической формуле при $C > 1,25$, достаточно хорошо совпадают. При меньших значениях C результаты отличаются существенно, что говорит об

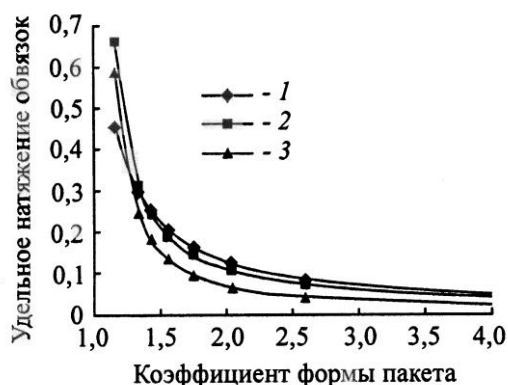


Рис. 3. Графики зависимостей удельного натяжения обвязок от коэффициента формы пакета: 1 – данные, полученные эмпирически; 2, 3 – то же аналитически для нижних и верхних ветвей обвязок

ограниченности применения эмпирической формулы. Эта формула только выглядит более простой, расчеты по ней не проще, так как не только C , но обычно и m устанавливают вычислительным путем. Кроме того, для дальнейшего анализа прочности удержания бревен в пакете необходимо знать натяжение не только в нижних, но и в верхних ветвях обвязок.

Преимущество полученных аналитических формул перед эмпирическими состоит и в том, что они нагляднее отражают физическую сущность явления, показывают зависимость натяжений в обвязках от изначально определяющих их величин. Натяжения в обвязках пропорциональны длине бревен, квадрату высоты пакета, его полнодревесности, объемной массе бревен и ускорению свободного падения. Они уменьшаются с увеличением угла внутреннего трения бревен. Зависимость от коэффициента формы пакета сказывается в выражениях (26) и (27) через относительную высоту h_p .

Для речных пучков с коэффициентом формы 2...3 эта зависимость хотя и довольно значима, но, вероятно, в меньшей степени, чем принято считать. Так, при увеличении коэффициента формы от 2 до 3 при прочих равных условиях натяжение в нижних ветвях обвязок уменьшится на 18, в верхних – на 36 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный транспорт леса: справочник / под ред. В.И. Пятякина. М.: Лесн. пром-сть, 1973. 404 с.
2. Воробьев А.Г. О расчете по эластической теории пучковых плотов для случая нахождения их на суше // Лесоинж. дело. 1958. № 3. С. 40. (Науч. докл. высш. шк.).
3. Инструкция по эксплуатации такелажа на лесосплаве. М.: ВНИПИЭИЛеспром, 1980. 134 с.
4. Плоты (конструкция, эксплуатация, технология) / М.Н. Фоминцев [и др.]; под ред. М.Н. Фоминцева. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 216 с.
5. Правила (технические условия) сплотки, формирования и оснастки плотов для буксировки в Северодвинском бассейне. Архангельск, 1989. 65 с.
6. Реутов Ю.М. Расчеты пучков (пакетов) круглых лесоматериалов. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 152 с.

Поступила 24.03.09

S.V. Posypanov
Northern (Arctic) Federal University

Combined Calculating Method of Round Timber Pile Stacked on Horizontal Foundation

The analytical dependencies are received based on the elastic theory for determination of tension in binding of round timber piles stacked on horizontal foundation.

Keywords: timber rafting, pile, bundle, binding, elastics.

УДК 630*375.5

В.А. Алферов

Северный (Арктический) федеральный университет

Алферов Василий Александрович родился в 1983 г., окончил в 2007 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант Северного (Арктического) федерального университета. Область научных исследований – изучение эксплуатационных факторов при оценке топливной экономичности лесовозных автопоездов, имитационное моделирование их движения.
E-mail: Vasilij_Alferov@mail.ru



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА ПО КРИВЫМ В ПЛАНЕ

Представлены методика и результаты экспериментальных исследований по определению дополнительного сопротивления движению лесовозного автопоезда на участках кривых в плане. Представлена математическая модель сопротивления движению как функция от радиуса кривой.

Ключевые слова: лесовозный автопоезд, сопротивление движению, радиус кривой, динамический ряд.

Автомобильный лесовозный транспорт представляет собой важную фазу производственного процесса лесозаготовок. На его долю приходится более 80 % объема вывозки лесоматериалов, поэтому определение сопротивления движению автопоездов и меры по его уменьшению занимают важное место при разработке и совершенствовании их конструкции, а также при проектировании новых дорог.

Суммарное сопротивление движению складывается из сопротивлений, зависящих от конструкции и состояния автомобиля (колеса, подвеска, трансмиссии), конструкции и состояния дороги. В отличие от прямолинейных участков дорог на поворотах сопротивление движению возрастает из-за возникающих центробежных сил и реакции ходовой части автомобиля. При больших скоростях и малых радиусах эти силы достигают значительной величины [2].

При проектировании новых дорог руководствуются требованиями строительных норм и правил, согласно

которым принимают минимальные радиусы кривых в плане и продольном профиле и расстояния видимости дороги водителем. Эти требования исходят из расчетной скорости. Минимальные значения норм на элементы профиля и плана установлены на основании условных расчетных схем, недостаточно обоснованных наблюдениями за реальными режимами и траекториями движения автомобилей. В связи с этим возникает необходимость исследований для определения коэффициента сопротивления движению автопоезда на кривых различных радиусов.

В соответствии с поставленной целью нами проведены натурные дорожные испытания автопоезда КамАЗ-43118+ГКБ-8350 в Вологодской области на технологических маршрутах вывозки лесоматериалов. Коэффициент сопротивления движению ω_f (Н/т) определяли широко апробированным способом динамометрирования прицепа. Для реализации этого метода в тягово-сцепное устройство системы крюк – петля автопоезда монтировали

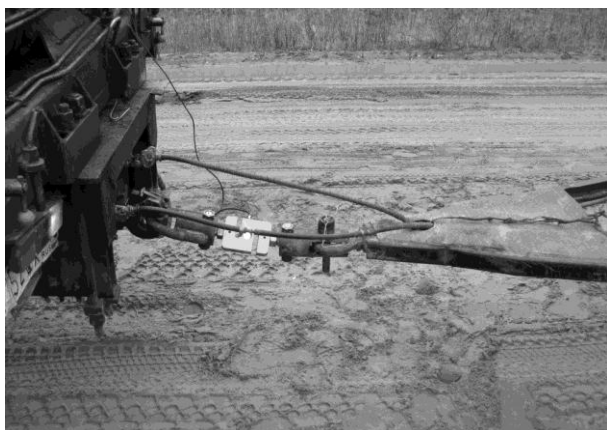


Рис. 1. Электронный динамометр, вмонтированный в тягово-сцепное устройство крюк – петля

электронный динамометр ДОУ-3-100И (рис. 1), предназначенный для измерения статической и динамической сил растяжения и сжатия.

Динамометры серии ДОУ представляют собой тензометрический датчик, соединенный кабелем связи с электронным измерительным индикатором. Он способен передавать сигналы в индикатор с частотой 10 Гц, что обеспечивает более точное фиксирование нагрузки и соответствует частоте продольных колебаний в тягово-сцепном устройстве автопоезда. Электронный измерительный индикатор имеет возможность соединения с ПК. посредством специализированного программного обеспечения View200 данные передаются на ПК и отображаются как в цифровой, так и в графической форме, что существенно облегчает дальнейшую процедуру их обработки.

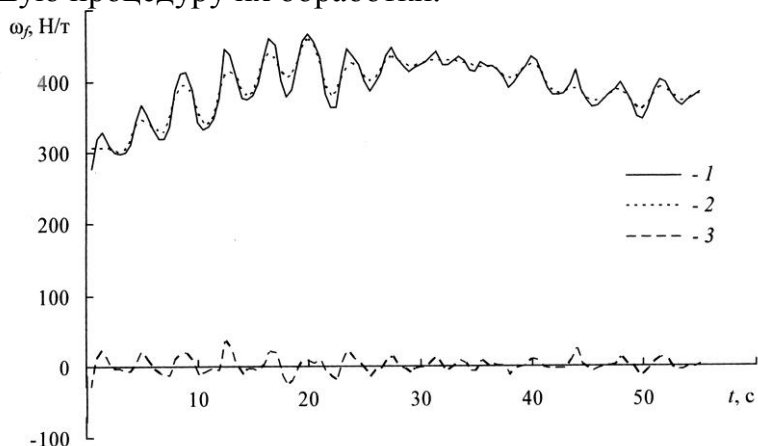


Рис. 2. Ряды данных сопротивления движению: 1 – исходный; 2 – преобразованный; 3 – ряд остатков

Сигналы динамометра записывали при буксировании прицепа в прямом и обратном направлениях по горизонтальному участку дороги с радиусами закругления 30, 50, 100, 200, 300, 400 и 500 м, скоростью 15...20 км/ч, не превышающей критическую по условию опрокидывания. Массу прицепа определяли на автомобильных весах УЦК 1-500/1000-10-10,0-2 с точностью ± 10 кг.

Отношение нагрузки (Н) к полной массе прицепа (τ) приравнивали к искомому коэффициенту сопротивления движению. В результате эксперимента получили динамические ряды сопротивления движению для каждой исследуемой круговой кривой, а также для прямолинейного участка дороги, позволяющие определить дополнительное сопротивление движению. На рис. 2 представлен ряд данных сопротивления движению для кривой радиусом 30 м и его преобразование. Статистическую обработку данных производили с помощью пакета прикладных программ.

Для поиска аномально отклоняющихся значений применена процедура сглаживания, включающая в себя несколько последовательных преобразований [1]. На практике этот метод фильтрации дает сглаженный ряд, сохраняющий основные характеристики исходного. Затем строят ряд остатков вычитанием преобразованного ряда из

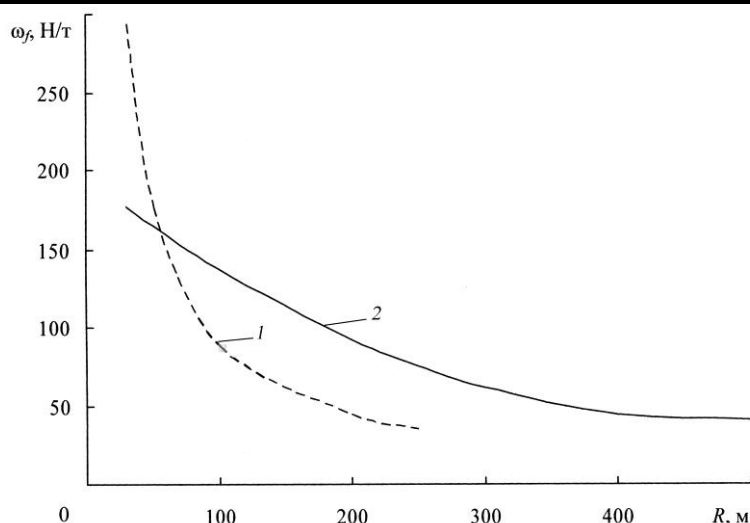


Рис. 3. Зависимость $\omega_f = f(R)$:
 1 – $\omega_f = gA/R$; 2 – $\omega_f = 196,44 -$
 $- 0,66R + 7 \cdot 10^{-4}R^2$

исходного, находят робастную оценку его дисперсии и в качестве выбросов рассматривают точки, превысившие по модулю пять стандартных ошибок [3].

Статистический анализ показал, что для всех рядов данных плотность распределения сопротивления движению хорошо аппроксимируется функцией нормального распределения. Проверка по критерию согласия Колмогорова выявила, что теоретическое нормальное распределение плотности вероятности сопротивления движению для каждого ряда согласуется с их гистограммами с вероятностями, близкими к единице.

Для правомерности объединения рядов данных сопротивления движению в одну генеральную совокупность как независимую переменную в регрессионном анализе гипотезу об однородности дисперсий рядов данных проверяли по критерию Бартлетта [1]. Статистика критерия имеет вид

$$B = \frac{2,303(k \lg \sigma^2 - \sum_{i=1}^m k_i \lg \sigma_i^2)}{1 + \frac{1}{3(m-1)} \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{k_i} - \frac{1}{k} \right)},$$

где k_i – число степеней свободы i -го

$$\text{ряда, } k = n_i - 1; k = \sum_{i=1}^m k_i;$$

n, m – количество значений i -го ряда и число рядов соответственно;

σ_i^2 – несмещенная оценка дисперсии для i -го ряда,

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^m k_i \sigma_i^2 / k.$$

Бартлетт показал, что случайная величина B при условии справедливости нулевой гипотезы распределена приближенно как χ^2 с $m-1$ степенями свободы, если все $n_i > 3$. По заданному уровню значимости α , числу степеней свободы $m-1$ для правосторонней критической области определяется критическое значение $\chi_{\text{кр}}^2(m-1; \alpha)$. Если соблюдается условие

$$B < \chi_{\text{кр}}^2(m-1; \alpha),$$

то нет основания отвергать нулевую гипотезу. В нашем случае $B = 11,06 < \chi_{\text{кр}}^2(6; 0,05) = 12,60$, что подтверждает справедливость нулевой гипотезы и правомерность объединения данных.

Параметры альтернативных моделей регрессии $\omega_f = f(R)$ оценивали методом Левенберга – Маркара [1]. Наилучшей с точки зрения минимума остаточной дисперсии признана степенная зависимость

$$\omega_f = 196,44 - 0,66R + 7 \cdot 10^{-4}R^2,$$

для которой коэффициент детерминации составил 0,79.

В настоящее время для учета дополнительного сопротивления от радиуса кривой применяется эмпирическая формула, имеющая вид $\omega_f = gA/R$, где $A = 800 \dots 1000$ (рис. 3) [5]. Она справедлива для кривых радиусом $R \leq 250$ м и имеет широкий диапазон варьирования эмпирического коэффициента A . Из анализа литературных источников известно, что при малых радиусах данная зависимость дает завышенные значения сопротивления, при больших – заниженные.

Проведенные исследования с применением современного электронного оборудования, специализированного программного обеспечения и статистической обработки показали наличие дополнительного сопротивления движению автопоезда при радиусах кривых до 500 м. Полученная математическая модель с помощью известных методик [2, 4] позволяет выполнить анализ конструктивных параметров автопоездов и проектных параметров лесовозных автомобильных дорог в целях снижения износа шин, расхода топлива, повышения управляемости, устойчивости и других эксплуатационных свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
2. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. М.: Транспорт, 1990. 135 с.
3. Славутский Л.А. Основы регистрации данных и планирования эксперимента: учеб. пособие. Чебоксары: Изд-во ЧГУ, 2006. 200 с.
4. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: учеб. для вузов. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 478 с.
5. Транспортные системы, пути и перевозки лесопроизводства. В 3 т. Т. 1. Транспортные системы: учеб. пособие для вузов/ Ф.А. Павлов [и др.]; под ред. Ф.А. Павлова. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2001. 382 с.

Поступила 14.12.09

V.A. Alferov

Northern (Arctic) Federal University

Experimental Research of Additional Running Resistance of Timber Carrier according to Curves in Plane

Technique and results of experimental research are provided in determination of additional running resistance of timber carrier on the curves in plane. Mathematical model of running resistance is presented as a function of the curve radius.

Keywords timber carrier, running resistance, curve radius, dynamic row.

УДК 624.21:691.116

В.П. Стуков

Северный (Арктический) федеральный университет

Стуков Валерий Павлович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов Северного (Арктического) федерального университета, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный дорожник РФ. Имеет около 90 печатных работ в области исследований работы и расчета балок комбинированного сечения, составленных из древесины и бетона; пространственных методов расчета балочных пролетных строений мостов.
E-mail: stukovvp@mail.ru



ОПТИМИЗАЦИЯ РАССТАНОВКИ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ВЕТВЯМИ ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ АВТОДОРОЖНОГО МОСТА

Рассмотрена задача расстановки стальных нагелей между железобетонной плитой и деревоклееным ребром составной балки пролетных строений мостов.

Ключевые слова: составная балка, железобетонная плита, деревоклееное ребро, нагельные связи.

Совместную работу ветвей деревожелезобетонной балки обеспечивают связи сдвига и поперечные.

Задача оптимизации балки, составленной из деревоклееного ребра и железобетонной плиты, решалась ранее в работах [1, 2]. Нами даны предложения по оптимизации высоты деревоклееного ребра балки деревожелезобетонного пролетного строения в зависимости от коэффициента ее составности ψ при соблюдении требований оптимальности несущей способности по изгибающему моменту M и поперечной силе Q , прогиба в середине пролета балки f_{lim} [3].

Целью настоящего исследования является оптимизация расстановки связей между ветвями составной деревожелезобетонной балки. При проектировании железобетонных изгибаемых элементов шаг поперечных стержней (хомутов) уменьшается к опорам вместе с возрастанием поперечной силы. В случае деревожелезобетонной балки при этом увеличиваются сдвигающие усилия между ветвями. Традиционным решением при проектировании такой балки является

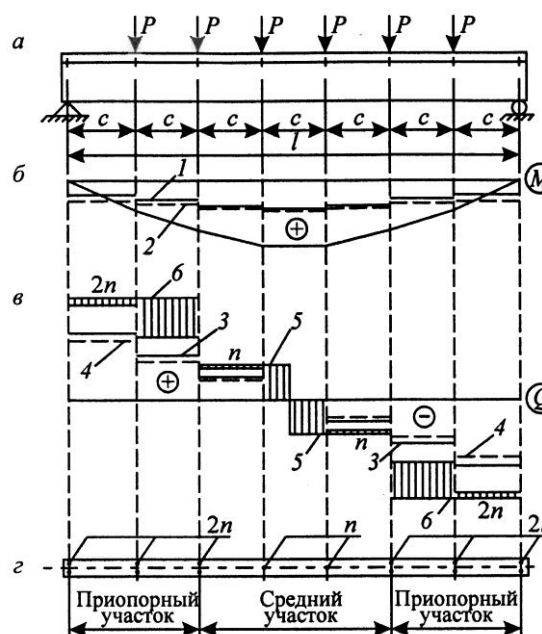


Рис. 1. Эпюры изгибающих моментов M (1, 2), поперечных сил Q (3, 4) и несущей способности по поперечной силе балки (5, 6) при n и $2n$ нагелях соответственно

уменьшение шага связей между ветвями c или увеличение их мощности, в некоторых случаях есть необходимость использовать оба приема. На рис. 1 приведены эпюры изгибающих моментов M (рис. 1, б), поперечных сил Q (рис. 1, в) и расстановка стальных нагелей (рис. 1, а и г) в деревожелезобетонной балке при использовании нагельного соединения ее ветвей.

На эпюрах M и Q выше и ниже цифр 1, 2, 3, 4 расположены участки соответствующих усилий, воспринимаемых ветвями и цельным сечением дерево-железобетонной балки как составным стержнем по причине податливости связей сдвига – нагельного соединения.

На рис. 1, *в* в балке выделены средний и приопорные участки и имеет место увеличение мощности связей по участкам с n до $2n$ по мере приближения к опоре при сохранении их постоянного шага s по длине балки. В ряде случаев при значительной поперечной силе Q на приопорном участке сложно разместить большое число стальных нагелей в связи при принятой толщине деревоклееного ребра. Согласно [1] на концевых участках балок необходимо также устанавливать дополнительные связующие элементы в виде петель для восприятия отрывающих усилий от воздействия усадки и отрицательной разности температур.

Задачу размещения нагелей по длине дерево-железобетонной балки можно решить более рационально, если использовать специфику ее работы как составной балки с различной степенью составности при обеспечении требований двух групп предельных состояний. Следует исследовать восприятие изгибающего момента и поперечной силы по длине балки составным сечением и ветвями при оптимальной составности [3] и определить длину приопорного участка, на которой ветви балки могут не иметь связей, поскольку способны самостоятельно воспринять усилия M и Q от расчетных нагрузок.

Рассмотрим решение этой задачи для балок дерево-железобетонного пролетного строения с пролетами l , равными 9 и 18 м, при шаге поперек моста $d = 1,8$ м, загруженных постоянной и временной (НК-80) нагрузками.

На рис. 2, *а* приведены графики M , Q , $M_{р.п}$, $Q_{р.п}$, Q_{12} , используемые для размещения нагельных соединений по балке пролетом $l = 9$ м при коэффициенте составности $\psi = 0,9$.

Проекция точки пересечения графиков M – расчетного момента от внешней нагрузки и $M_{р.п}$ – изгибающего момента, воспринимаемого деревоклееным ребром и железобетонной плитой как самостоятельными элементами, на ось абсцисс определяет сечение балки $x = 0,17l$, левее которого, т. е. на участке от опоры до этого сечения, связи между ветвями балки не обязательны. Ребро и плита воспринимают поперечную силу Q по всей длине балки также без их объединения, поскольку $Q_{р.п} > Q$, где $Q_{р.п}$ и Q – поперечные силы, действующие на ребро и плиту и от внешней расчетной нагрузки соответственно. Для рассматриваемого случая $Q_{12} > Q$, где Q_{12} – поперечная сила, воспринимаемая балкой при рассматриваемой составности. В средней части балки длиной $0,66l$ устраиваем нагельные соединения одинаковой мощности, т. е. с постоянной площадью сечения стальных стержней и их шагом по длине средней части балки, определяемыми из расчетов ее оптимальности балки [3]. В сечении $x = 0,17l$ отрывающие усилия от усадки и температуры существенно меньше, чем в опорном, и для их восприятия используются нагели, предназначенные для связи ветвей и уже установленные на среднем участке балки. Для крайних нагельных соединений среднего участка следует использовать стальные нагели с головками, имеющими лучшую анкеровку в бетоне плиты, чем без головок. В целях своевременного включения в работу на восприятие внешнего момента балкой объединенного сечения целесообразно устанавливать нагели, начиная с сечения $x = 0,15l$.

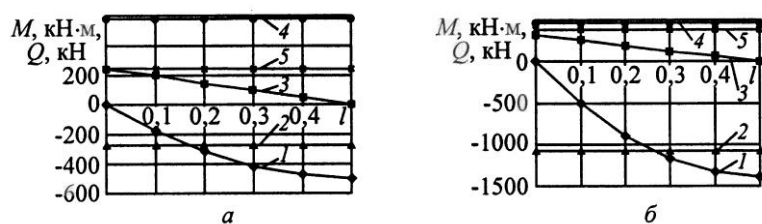


Рис. 2. К вопросу размещения нагельных соединений для балки пролетом 9 м (а) и 18 м (б): 1 – M ; 2 – $M_{p.п}$; 3 – Q ; 4 – $Q_{p.п}$; 5 – Q_{12}

На рис. 2, б приведено размещение нагельных соединений для балки пролетом $l = 18$ м при коэффициенте составности $\psi = 0,7 \dots 0,8$ [3]. Поперечная сила от расчетных нагрузок воспринимается деревоклееным ребром и железобетонной плитой как ветвями балки и составной балкой по всему пролету, т. е. $Q_{p.п} > Q$ и $Q_{12} > Q$ соответственно. Из анализа работы балки следует, что на участке от опоры до сечения $x = 0,26l$ связи можно не устанавливать. Таким образом, в средней части балки длиной $0,48l$ устраиваем нагельные соединения одинаковой мощности [3]. В сечении $x = 0,26l$ отрывающие усилия от усадки и температуры, как отмечалось ранее, существенно меньше, чем в опорном, и для их восприятия могут быть использованы те же нагели. Целесообразно начать расстановку нагелей несколько ближе к опорам, т. е. длину среднего участка принять равной $0,5l$.

Таким образом, с помощью подобных графиков можно рационально

решить вопрос о расстановке нагельных соединений между ветвями с учетом специфики работы составной балки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулиш В.И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой. М.: Транспорт, 1979. 160 с.
2. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластины. М.: Стройиздат, 1986. 316 с.
3. Стуков В.П. Оптимизация балки деревожелезобетонного пролетного строения автодорожного моста // Лесн. журн. 2010. № 2. С. 78–82. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 11.09.09

V.P. Stukov
Northern (Arctic) Federal University

Optimization of Connections Placement among Branches in Wood Reinforced Concrete Beam of Road Bridge Superstructure

The problem of steel dowels placement between the reinforced concrete slab and laminated wood rib of composite beam of bridge superstructure is considered.

Keywords: composite beam, reinforced concrete slab, laminated wood rib, dowel connections.

УДК 629.114.2

В.И. Посметьев¹, В.А. Зеликов¹, А.И. Третьяков¹, В.В. Посметьев²¹Воронежская государственная лесотехническая академия²Воронежский государственный технический университет

Посметьев Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1978 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 250 научных работ в области технических средств и систем защиты машин от перегрузок.

E-mail: posmetyev@mail.ru



Зеликов Владимир Анатольевич родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 35 научных работ в области технических средств и систем защиты машин от перегрузок.

E-mail: zelikov-vrn@mail.ru



Третьяков Александр Иванович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ВГЛТА. Имеет 5 научных работ.

E-mail: tret'yakov-ai@mail.ru



Посметьев Виктор Валерьевич родился в 1979 г., окончил в 2001 г. Воронежский государственный технический университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Воронежского государственного технического университета. Имеет более 150 научных работ в области применения классической механики для моделирования сложных механизмов и атомной структуры материалов.

E-mail: viktorvpo@mail.ru



О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУПЕРИРУЕМОЙ ЭНЕРГИИ ЛЕСНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Предложено для интенсификации процессов обработки почвы использовать энергию, вырабатываемую системой рекуперации в том же технологическом процессе.

Ключевые слова: рекуперация, лесной почвообрабатывающий агрегат, вибрационная интенсификация, моделирование, культиватор КЛБ-1,7.

Одним из направлений повышения эффективности лесных почвообрабатывающих орудий является интенсификация рабочего процесса, которая в основном обеспечивается за счет создания дополнительных движений рабочего органа (вибрация, принудительное вращение дисковых рабочих органов и т.п.) или какими-либо движущимися дополнительными элементами (фрезы, вращающиеся пальцы и т.п.) рабочих органов. В качестве привода интенсифицирующего устройства в настоящее время используют либо вал отбора мощности агрегируемого трактора со сложной многоступенча-

той передачей, либо гидромоторы, давление к которым подводится от гидросистемы трактора. В обоих случаях происходят потери мощности трактора на привод, что может отрицательно влиять на производительность и энергозатраты агрегата. Как правило, мощность, необходимая для интенсификации технологического процесса, составляет от 1,5 до 5,0 кВт [3].

В лесном машиностроении существует большая проблема в области разработки эффективных систем рекуперации (СР) энергии, останавливающая их развитие и применение. Разработанная нами ранее механико-гид-

равлическая СР позволяет возвращать около 3...4 кВт мощности за счет уменьшения паразитных колебаний, возникающих при движении агрегата по сложному рельефу и преодолении препятствий [2]. Проблема заключается в том, что рекуперированную энергию необходимо использовать для полезной работы непосредственно во время движения агрегата, так как ее сложно накапливать или возвращать в силовую часть трактора простыми техническими средствами.

Цель нашей работы – теоретическое обоснование использования рекуперированной энергии для интенсификации технологического процесса.

Приобретенный опыт имитационного компьютерного моделирования и экспериментальная апробация его результатов позволяют адекватно представить лесной почвообрабатывающий агрегат и все его подсистемы. Имитационная модель позволяет задавать около 60 параметров агрегата и исследовать их влияние на основные показатели эффективности работы механизма: качество обработки, производительность, затраты мощности [2, 3]. Применение метода конечных элементов максимально приближает к реальности модель почвы [4, 5]. В качестве примера на рис. 1 представлены результаты исследования влияния угла атаки α дисковой батареи культиватора КЛБ-1,7 на профиль оставляемой борозды и качество перемещения почвы.

На первом этапе исследований была изучена возможность возвращения мощности с использованием СР. Предлагаемая СР состояла из трех типов элементов, устанавливаемых в каретках агрегируемого трактора ДТ-75, между корпусом трактора и навеской и в предохранительном устройстве культиватора КЛБ-1,7. Подробное описание методики моделирования агрегатов, оснащенных СР, приведено в работе [2].

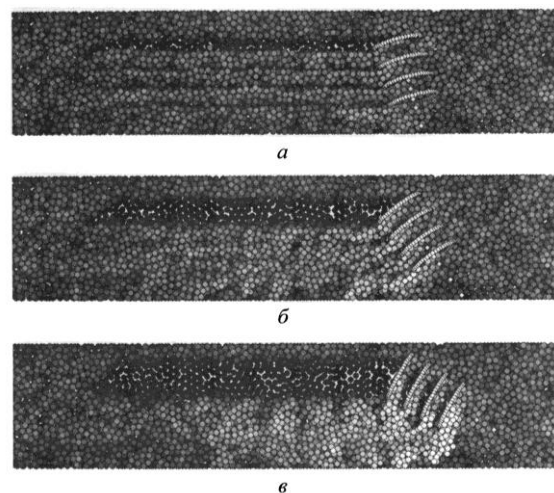


Рис. 1. Различные механизмы перемещения пластов почвы в зависимости от угла атаки дисковой батареи: а – $\alpha = 15^\circ$; б – 35° ; в – 60°

Основную долю рекуперированной энергии обеспечивают рекуперативные элементы, расположенные в каретках трактора и играющие роль дополнительных демпферов. Чем сложнее рельеф поверхности, тем большую рекуперированную мощность N_p обеспечивают эти элементы. В рамках модели задавали рельеф поверхности, т. е. функцию высоты поверхности от горизонтального положения трактора $z(x)$, как суперпозицию гауссовских пиков с параметрами x_i (положение выпуклости поверхности или препятствия), H_i (высота препятствия) и σ_i (среднеквадратическое отклонение, задающее ширину препятствия):

$$z(x) = \sum_{i=1}^{N_n} H_i \exp\left(-\frac{(x - x_i)^2}{\sigma_i^2}\right),$$

где N_n – число гауссовских пиков.

Гауссовские пики распределялись на длине (1 км) контрольного участка случайным образом по равномерному закону. При этом параметры H_i и σ_i также выбирали случайным образом по равномерному закону из некоторых интервалов. Характерные значения интервалов: от 0 до 0,1 м – для H_i ; от 0,05 до 0,15 м – для σ_i .

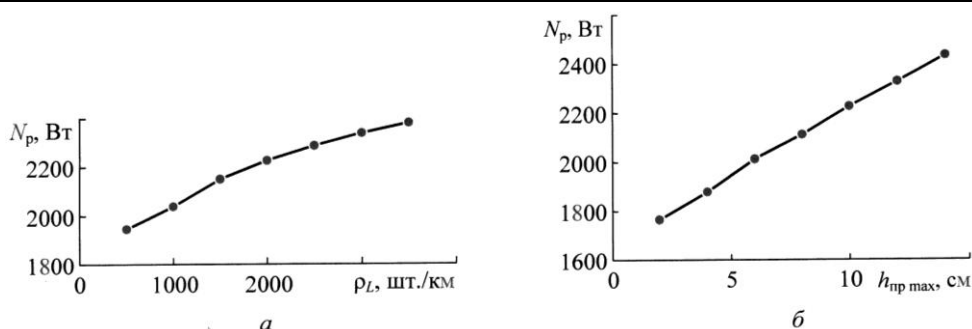


Рис. 2. Зависимость рекуперированной мощности N_p от линейной плотности препятствий ρ_L (а) и их высоты $h_{пр max}$ (б)

Число гауссовских пиков N_{Π} на контрольном участке длиной L очевидно связано с линейной плотностью препятствий ρ_L следующим соотношением:

$$N_{\Pi} = \rho_L L.$$

Многочисленные компьютерные эксперименты позволили получить зависимость мощности N_p от плотности препятствий ρ_L и их высоты $h_{пр max}$ [1]. В ходе эксперимента плотность препятствий изменяли от 500 до 3500 шт./км с шагом 500 шт./км, их высоту – от 2 до 14 см с шагом 2 см (рис. 2). С ростом ρ_L увеличивается частота встреч препятствий с катками кареток, вследствие чего повышается частота движений поршня в гидроцилиндрах кареток. Поэтому с увеличением ρ_L эффективность работы СР возрастает, т. е. зависимость $N_p(\rho_L)$ является возрастающей (рис. 2, а), а зависимость $N_p(h_{пр max})$ – практически линейной (рис. 2, б). Увеличение мощности, возвращаемой ТМ, с ростом высоты препятствий также можно объяснить интенсификацией движения поршня гидроцилиндров кареток. Таким образом, СР дает тем больший эффект, чем выше плотность препятствий и ярче выражена их форма. Однако, несмотря на то, что условия работы агрегата изменяются в широких пределах, мощность, возвращаемая СР, довольно постоянна (1,9 ... 2,4 Вт), что свидетельствует о стабильности работы данной СР.

На *втором этапе* исследований было изучено влияние вибрации дисковой батареи культиватора КЛБ-1,7, создаваемой механизмом, совмещенным с предохранительным устройством, на заглубляемость дисковой батареи и затраты мощности на вибрацию. Имитационное моделирование осуществлялось аналогичным образом, за исключением того, что агрегат был оснащен не СР, а гидромеханической системой создания вибрации.

На рис. 3 представлены результаты моделирования. В рамках первой серии компьютерных экспериментов изменяли частоту вибрации f от 0 до 39 Гц с шагом 3 Гц при постоянной амплитуде вибрации ($A = 4$ см), во второй серии амплитуду вибрации A изменяли от 0 до 9 см с шагом 1 см при постоянной частоте ($f = 5$ Гц). Зависимость мощности от частоты имеет квадратичный характер $N(f) \sim f^2$, который, по-видимому, связан с тем, что с увеличением частоты возрастают скорости смещения почвы. При этом кинетическая энергия и, соответственно, мощность пропорциональны квадрату скорости. Благодаря квадратичной зависимости $N(f)$, при малых частотах мощность медленно возрастает с увеличением f , а в области больших частот – быстро. Поэтому возникает вопрос об оптимальном значении частоты, при которой достаточно велика

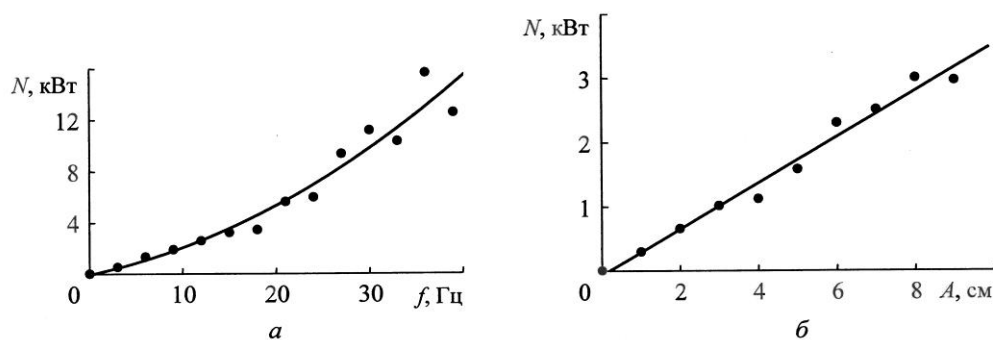


Рис. 3. Зависимость мощности N , необходимой для создания вибрации дисковой батареи культиватора, от частоты f (а) и амплитуды A (б) вибрации

глубина обработки, а затрачиваемая мощность достаточно мала. Судя по полученным зависимостям, оптимальная частота составляет 4...5 Гц. Линейный характер зависимости $N(A)$, по-видимому, связан с тем, что работа по смещению почвы на заданное расстояние (амплитуда вибрации) приблизительно пропорциональна самому расстоянию, а мощность пропорциональна совершенной работе.

Сравнивая результаты, полученные на первом и втором этапах исследований, можно сделать заключение, что мощность, создаваемая СР (1,9...2,4 кВт), приблизительно равна мощности, необходимой для создания вибрации дисковой батареи (1,2 ... 1,8 кВт на одну дисковую батарею), т. е. интенсификация технологического процесса является естественным использованием возвращаемой энергии СР.

Следует отметить, что большинство интенсифицирующих механизмов сохраняют работоспособность в широком диапазоне подводимой мощности (например, механизм виброзаглубления обеспечивает дополнительное заглубление при увеличении (или уменьшении) мощности ориентировочно до 50 %). Поэтому флуктуации мощности СР, вызванные постоянно меняющимися условиями движения на лесных объектах, не приведут к прекращению

работы интенсифицирующего механизма, а лишь несколько повлияют на качество его работы. При использовании гидромеханической СР энергия колебаний преобразуется в энергию сжатия рабочей жидкости в гидравлической системе. Поэтому для интенсифицирующих механизмов целесообразно использовать гидравлический привод, в частности гидромоторы.

Таким образом, для интенсификации процессов обработки почвы может быть использована энергия, вырабатываемая системой рекуперации в том же технологическом процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтярев Ю.И. Методы оптимизации: Учеб. пособие для вузов. М.: Сов. радио, 1980. 272 с.
2. Исследование с помощью математической модели динамики почвообрабатывающего агрегата, оснащенного системой рекуперации энергии / В.И. Посметьев [и др.] // Вестник Воронежского государственного политехнического университета. 2006. Т. 2, вып. 8. С. 44–47.
3. Посметьев В.И., Посметьев В.В. Модель процесса вибрационного взаимодействия с почвой дисковых рабочих органов лесных орудий // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: Сб. науч. тр. / ВГЛТА. Воронеж, 1999. С. 202–206.

4. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ / Под ред. Е.Ю. Малиновского. М.: Машиностроение, 1980. 216 с.

5. Шаров Н.М. Исследование почвообрабатывающих машин методами комбинированного моделирования // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1981. № 2. С. 50–53.

Поступила 29.04.10

V.I. Posmetiev¹, V.A. Zelikov¹, A.I. Tretyakov¹, V.V. Posmetiev²

¹ Voronezh State Academy of Forestry and Technologies

² Voronezh State Technical University

On Possibility of Using Recuperative Energy of Forest Soil Cultivating Machine for Technological Process Intensification

It is proposed to use energy produced by the recuperative system of the technological process for intensification of soil cultivating process.

Keywords: recuperation, forest soil cultivating aggregate, vibration intensification, simulation, KLB-1.7 cultivator.



УДК 621.873/.875

Е.В. Маковеева

ОАО «ПО «Севмаш»

Маковеева Елена Владимировна родилась в 1982 г., окончила в 2005 г. С.-Петербургский государственный морской технический университет, инженер-технолог лаборатории промышленной диагностики НИТИЦ ОАО «ПО «Севмаш», старший преподаватель кафедры проектирования подъемно-транспортного и технологического оборудования Севмашвтуза, аспирант Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 5 научных работ в области лесной промышленности.
E-mail: miv@atnet.ru



СТАТИСТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «МИКРОПРОФИЛЬ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ – НАГРУЖЕННОСТЬ ХОДОВОЙ ТЕЛЕЖКИ КРАНА ТИПА КБ»

Установлена зависимость влияния состояния подкрановых путей на металлоконструкцию ходовой тележки лесопогрузчика типа КБ.

Ключевые слова: статистическая идентификация, динамическая система, нагруженность, микропрофиль, ходовая тележка, прогнозирование, гистограмма, отклонение, корреляционная функция, аппроксимация, амплитудно-частотная характеристика.

В настоящее время на предприятиях многих отраслей промышленности существует проблема обеспечения безопасной эксплуатации технологического оборудования [1]. Особенно данная проблема характерна для лесного комплекса, основное оборудование которого давно выработало нормативный срок службы. К нему относятся и такое оборудование повышенной опасности, как краны-лесопогрузчики. Для обеспечения безопасной эксплуатации и продления срока службы проводится их техническое освидетельствование. Краны-лесопогрузчики эксплуатируют в условиях циклических нагрузок и воздействия окружающей среды, что приводит к коррозии, постепенному ухудшению прочностных характеристик материала и появлению развивающихся трещин в наиболее нагруженных зонах крановых металлоконструкций.

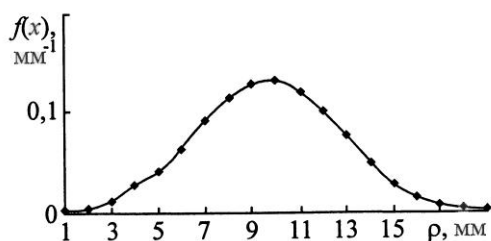
Техническое освидетельствование с оценкой остаточного ресурса является сложной технической задачей. Необходимо привлечение обученных специалистов и использование сложной измерительной техники. В на-

стоящее время оценка технического состояния лесопогрузчиков осуществляется по балльной системе [2]. Такая методика не позволяет с достаточной точностью определить срок безопасной эксплуатации крана и назначить время следующего освидетельствования.

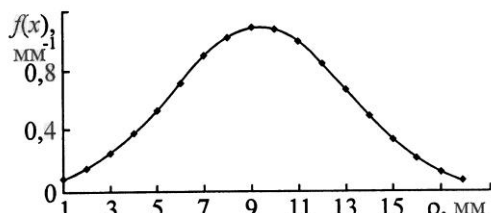
Следует отметить, что методик прогнозирования остаточного ресурса ходовых тележек лесопогрузчиков в настоящее время не существует. Предлагается решить данную проблему определением возникающих напряжений в металлоконструкции ходовых тележек при движении крана.

Для решения данной технической задачи в июле 2007 г. изучено влияние состояния подкрановых путей на металлоконструкцию ходовой тележки лесопогрузчика типа КБ.

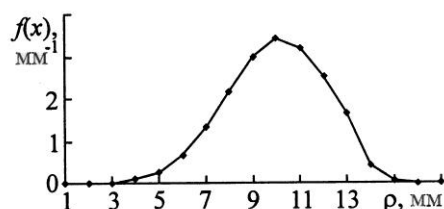
После соответствующей обработки результатов были получены зависимости влияния состояния подкрановых путей на металлоконструкцию ходовой тележки и функции распределения положения головки рельса относительно линии тренда насыпи, горизонтальных и вертикальных напряжений (рис. 1).



а



б



в

Рис. 1. Функции распределения пути (а), горизонтальных (б) и вертикальных (в) напряжений (ρ – частота процесса)

После обработки получены корреляционные функции пути и вертикальных напряжений (рис. 2).

Проведена аппроксимация корреляционных функций подкранового пути и вертикальных напряжений (рис. 3).

Рассчитаны спектральные плотности пути и вертикальных напряжений по следующим формулам:

$$Y_{\text{пут}}(\omega) = 2a \frac{\omega^2 + a^2 + v^2}{\sqrt{b^2 + a^2 - v^2} + 4a^2v^2};$$

$$Y_{\text{верт.напр}}(\omega) = 2a \frac{\omega^2 + a_0^2 + v_0^2}{\sqrt{b^2 + a_0^2 - v_0^2} + 4a_0^2v_0^2},$$

где ω – текущее значение частоты;

$$a = 0,080; \quad a_0 = 0,126;$$

$$v = 0,263; \quad v_0 = 0,258.$$

Построены графики спектральной плотности пути и вертикальных напряжений (рис. 4).

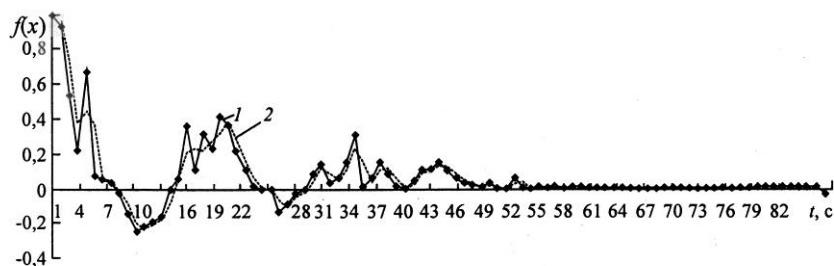
В итоге получена экспериментальная нормированная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) процесса (рис. 5).

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

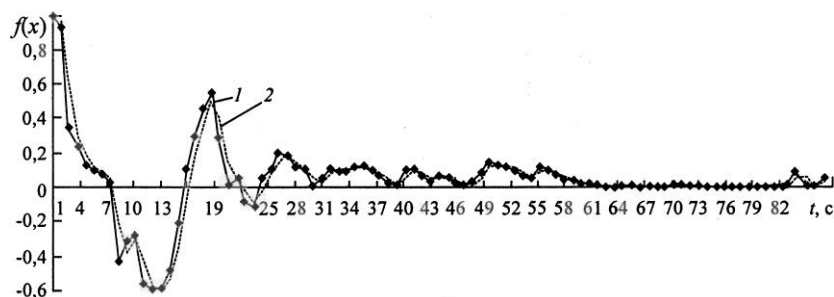
Динамическая система «микропрофиль подкрановых путей – нагруженность ходовой тележки крана типа КБ» в динамическом смысле является линейной.

Максимумы спектральных плотностей совпадают по частоте, которая равна $0,25 \text{ с}^{-1}$.

Передаточная функция данной динамической системы была получена в виде квадрата АЧХ.

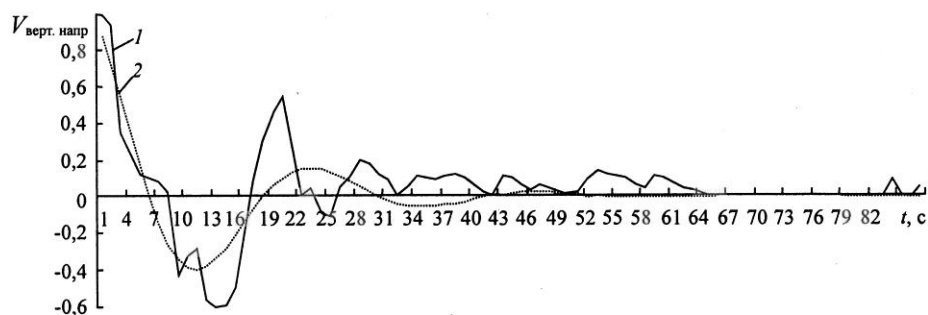


а

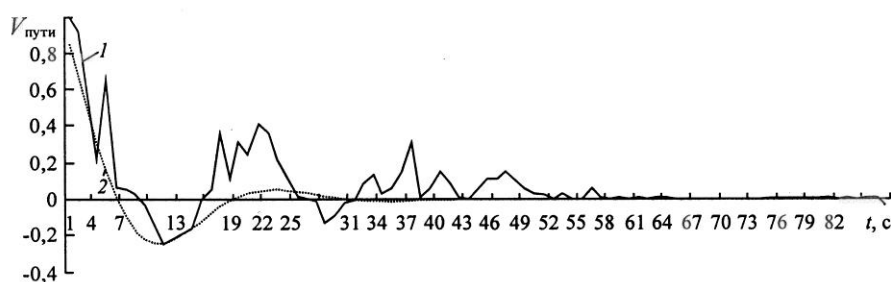


б

Рис. 2. Корреляционные функции пути (а) и вертикальных напряжений (б): 1 – экспериментальная корреляционная функция; 2 – сглаженная кривая



а



б

Рис. 3. Аппроксимация корреляционных функций пути (а) и вертикальных напряжений (б)

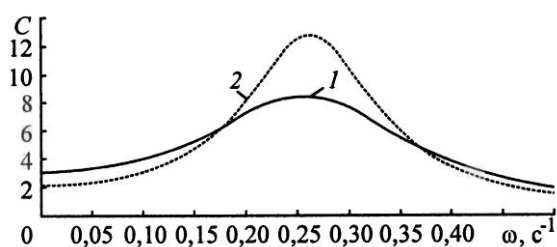


Рис. 4. График нормативных спектральных плотностей пути (1) и вертикальных напряжений (2)

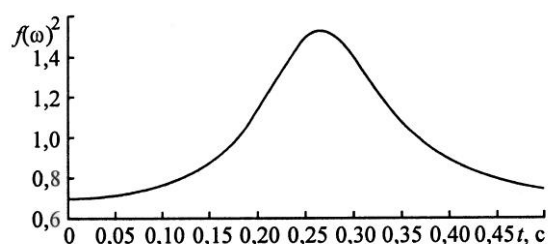


Рис. 5. Экспериментальная нормированная АЧХ

Характеристика АЧХ позволяет определить вероятностные характеристики нагруженности ходовой тележки данного погрузчика при прочих равных условиях.

Данная статистическая идентификация может быть использована при проверке корректности теоретической модели передаточной функции систе-

мы «микропрофиль подкрановых путей – нагруженность ходовой тележки крана типа КБ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маковеева Е.В., Руденко А.В.* Об определении остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных машин, отработавших нормативный срок службы // Проблемы корабельного машиностроения: Сб. докл. Вып. 4. Северодвинск: Севмашвтуз, 2005.
2. МУ УЭЦ 480100.001. Методические указания по оценке остаточного ресурса грузоподъемных кранов, отработавших нормативный срок службы.
3. РЭ-02/2062-01.01. Руководство по эксплуатации микропроцессорной многоканальной тензометрической системы ММТС-64.01.

Поступила 30.05.10

E.V. Makoveeva
Sevmashvtuz, Branch of Saint-Petersburg State Marine Technical University

Statistical Identification of Dynamic System “Microprofile of Crane Tracks – Carriage Loading of KB-type Crane”

The effect of crane tracks state on metalware of KB-type logger carriage is established.

Keywords: statistical identification, dynamic system, loading, microprofile, carriage, forecasting, histogram, deviation, correlation function, approximation, amplitude-frequency characteristic.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630*945.4

А.С. Торопов, В.Ф. Краснова

Марийский государственный технический университет

Торопов Александр Степанович родился в 1950 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор, профессор кафедры деревообрабатывающих производств Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки республики Марий Эл. Имеет более 180 печатных работ в области интенсификации процессов распиловки лесоматериалов.

E-mail: kafedradop@mail.ru



Краснова Валентина Феликсовна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Марийский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры деревообрабатывающих производств МарГТУ. Имеет около 10 печатных работ в области раскря круглых лесоматериалов.

E-mail: 8felix@mail.ru



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСКРОЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО, ПОРАЖЕННОГО ВНУТРЕННЕЙ ЗАБОЛОНЬЮ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Разработана математическая модель нового способа раскря круглых лесоматериалов, имеющих кольцевые поражения смежных годовичных слоев, с целью увеличения выхода качественной пилопродукции.

Ключевые слова: внутренняя заболонь, круглые лесоматериалы, аллометрический метод исследований, методика проведения замеров, дуб черешчатый, математическая модель, продольный раскря.

Существующие направления использования древесины, пораженной внутренней заболонью, не позволяют рационально использовать ее здоровую часть. Необходимо создание и внедрение специальных технологий по переработке такой древесины, способствующих максимальному выходу качественной пилопродукции.

Внутренняя заболонь – несколько смежных годовичных слоев, расположенных в ядровой древесине и сходных по цвету и другим свойствам с заболонью [1]. Данный порок появляется в стволе растущих деревьев дуба черешчатого по причине воздействия экстремально низких температур [2]. На торцах круглых сортиментов он имеет вид одного (рис. 1) или нескольких концентрических светлых колец, на продольных разрезах наблюдается в

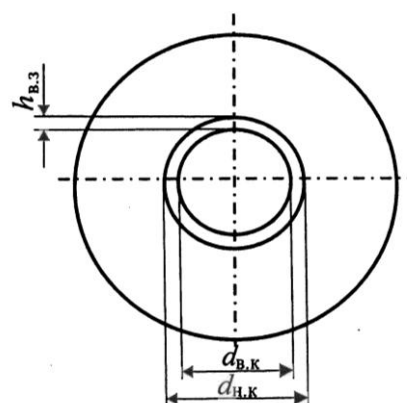


Рис. 1. Кольцо внутренней заболони на торце круглого сортимента

виде светлых полос на темной ядровой древесине, проходящих по всей длине сортимента. Внутренняя заболонь, как и нормальная, обладает повышенной водопроницаемостью, пониженной стойкостью к загниванию. В старых деревьях дуба внутренняя заболонь

часто бывает поражена грибами, принимает светло-бурую окраску и называется в практике «красным поясом».

Ширина кольца внутренней заболони в произвольном сечении

$$h_{в.з} = \frac{d_{н.к} - d_{в.к}}{2},$$

где $d_{в.к}$, $d_{н.к}$ – соответственно диаметры внутренней заболони по внутреннему и наружному слоям кольца в произвольном сечении, м.

Оптимальный раскрой круглых лесоматериалов осуществим при адекватном аналитическом описании формы образующей хлыста, а также развития пороков, в частности внутренней заболони. Изменение диаметра внутренней заболони по внутреннему и наружному слоям кольца по длине ствола дерева в соответствии с аллометрическим методом исследований [4] (рис. 2) имеет следующий вид:

$$d_{в.к} = d_{в.к0} - a_1 l^{b_1}; \quad (1)$$

$$d_{н.к} = d_{н.к0} - a_2 l^{b_2}, \quad (2)$$

где $d_{в.к0}$, $d_{н.к0}$ – соответственно диаметры внутреннего и наружного слоев внутренней заболони в комлевом торце, м;

a_1 , a_2 – константы начального состояния,

$$a_1 = \left(\frac{d_{в.к0} - d'_{в.к}}{\psi^{b_1}} \right);$$

$$a_2 = \left(\frac{d_{н.к0} - d'_{н.к}}{\psi^{b_2}} \right);$$

l – расстояние от комля до искомого сечения, м;

b_1 , b_2 – константы равновесия, передающие темп изменения $d_{в.к}$ и $d_{н.к}$ относительно l ,

$$b_1 = \ln \left[\frac{d_{в.к0} - d''_{в.к}}{\psi + f} \right] / \ln \left[\frac{d_{в.к0} - d'_{в.к}}{\psi} \right]$$

$$b_2 = \ln \left[\frac{d_{н.к0} - d''_{н.к}}{\psi + f} \right] / \ln \left[\frac{d_{н.к0} - d'_{н.к}}{\psi} \right]$$

$d'_{в.к}$, $d''_{в.к}$ – диаметр внутренней заболони по внутреннему слою кольца в двух местах замера по длине поражения, м;

$d'_{н.к}$, $d''_{н.к}$ – диаметр внутренней заболони по наружному слою кольца в двух местах замера по длине поражения, м;

ψ – абцисса места первого замера, м;

f – расстояние между замерами диаметров внутренней заболони, м.

Через математические ожидания [4] выражения (1) и (2) будут иметь следующий вид:

$$m_{d_{в.к}} = m_{d_{в.к0}} - m_{a_1} l^{m_{b_1}}; \quad (3)$$

$$m_{d_{н.к}} = m_{d_{н.к0}} - m_{a_2} l^{m_{b_2}}. \quad (4)$$

Здесь $m_{d_{в.к0}}$, $m_{d_{н.к0}}$, m_{a_1} , m_{a_2} , m_{b_1} , m_{b_2} – математические ожидания соответственно случайных величин $d_{в.к0}$, $d_{н.к0}$, a_1 , a_2 , b_1 и b_2 .

При этом

$$m_{a_1} = \left(\frac{1}{m_{\psi}} \right)^{m_{b_1}} (m_{d_{в.к}} - m_{d_{в.к0}});$$

$$m_{a_2} = \left(\frac{1}{m_{\psi}} \right)^{m_{b_2}} (m_{d_{н.к}} - m_{d_{н.к0}});$$

$$m_{b_1} = \ln[(m_{d_{в.к0}} - m_{d_{в.к}}) \times (m_{d_{в.к}} - m_{d_{в.к0}})] / \ln[(m_{\psi} + m_f) / m_{\psi}], \quad (5)$$

$$m_{b_2} = \ln[(m_{d_{н.к0}} - m_{d_{н.к}}) \times (m_{d_{н.к}} - m_{d_{н.к0}})] / \ln[(m_{\psi} + m_f) / m_{\psi}]. \quad (6)$$

Здесь $m_{d_{в.к}}$, $m_{d_{н.к}}$, $m_{d_{в.к0}}$, $m_{d_{н.к0}}$, m_f , m_{ψ} – математические ожидания соответственно случайных величин $d'_{в.к}$, $d'_{н.к}$, $d''_{в.к}$, $d''_{н.к}$, f и ψ .

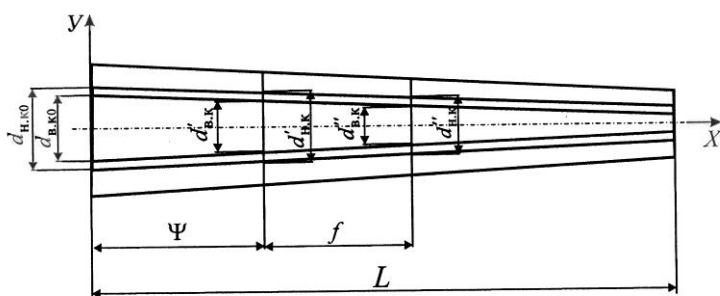


Рис. 2. Расчетная схема

В целях проведения дисперсионного анализа необходимо определить линейаризованную дисперсию.

Дисперсию в точке $x = m_x$ определяют следующим образом:

$$D(x_{\langle n \rangle}) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\delta \varphi(x_{\langle n \rangle})}{\delta x_i} \right]_{x=m_x}^2 D_{x_i}. \quad (7)$$

Следовательно, чтобы получить дисперсию $D(d_{в.к})$ необходимо продифференцировать (1) по $d_{в.к0}$, $d'_{в.к}$, $d''_{в.к}$, ψ и f . Аналогично, чтобы получить дисперсию $D(d_{н.к})$ необходимо продифференцировать (2) по $d_{н.к0}$, $d'_{н.к}$, $d''_{н.к}$, ψ и f . Далее подставляем их математические ожидания и дисперсии, т. е. $m_{d_{в.к0}}$, $m'_{в.к}$, $m''_{в.к}$, m_{ψ} , m_f , $D_{d_{в.к0}}$, $D'_{д_{в.к}}$, $D''_{д_{в.к}}$, D_{ψ} и D_f , и вычисляем $D(d_{в.к})$. Аналогично подставим $m_{d_{н.к0}}$, $m'_{н.к}$, $m''_{н.к}$, m_{ψ} , m_f , $D_{d_{н.к0}}$, $D'_{д_{н.к}}$, $D''_{д_{н.к}}$, D_{ψ} , D_f и вычисляем $D(d_{н.к})$.

На основе математических положений (1)–(7) можно проводить исследования с целью определить изменения диаметра внутренней заболони

по внутреннему и наружному слоям кольца по длине древесного ствола в соответствии с аллометрическим методом.

Для определения пораженности древесины на срубленных деревьях (хлысты) нами была предложена методика, предполагающая непосредственное измерение диаметра внутренней заболони по внутреннему и наружному слоям кольца в двух взаимно перпендикулярных направлениях после проведения поперечных пропилов на торцах круглых лесоматериалов (рис. 3).

Данная методика была нами апробирована при исследовании пораженности внутренней заболонью круглых лесоматериалов дуба черешчатого в Мариинско-Посадском производственном участке ГУП «Чувашский лесхоз» Чувашской Республики.

С использованием результатов замеров по предлагаемой методике и ранее разработанной программы ALLOMPR [4] получены аллометрические зависимости диаметра внутренней заболони по внутреннему и наружному слоям кольца по длине ствола дуба черешчатого:

$$d_{в.к} = 0,372 - 0,0336l^{0,4411};$$

$$d_{н.к} = 0,400 - 0,0382l^{0,4267}.$$

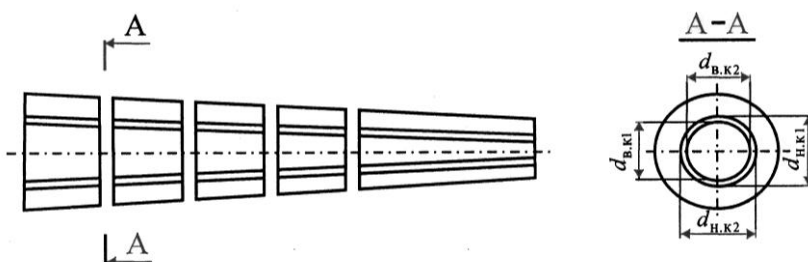


Рис. 3. Методика проведения замеров

Адекватность полученных математических моделей доказана с помощью критерия Фишера.

Полученные зависимости позволяют определить объем, занимаемый внутренней заболонью:

$$V_{в.з} = \frac{\pi}{4} \int_0^l d_{н.к}^2 dl - \frac{\pi}{4} \int_0^l d_{в.к}^2 dl .$$

После подстановки в это выражение формул (1) и (2) и интегрирования

$$V_{в.з} = \frac{\pi}{4} \left(d_{н.к0}^2 L + 2 \frac{a_2 d_{н.к0}}{b_2 + 1} L^{b_2 + 1} + \frac{a_2^2}{2b_2 + 1} L^{2b_2 + 1} - d_{в.к0}^2 L - 2 \frac{a_1 d_{в.к0}}{b_1 + 1} L^{b_1 + 1} - \frac{a_1^2}{2b_1 + 1} L^{2b_1 + 1} \right),$$

где L – длина хлыста.

На основе проведенных исследований составлена математическая модель раскроя круглых лесоматериалов, имеющих кольцевые поражения смежных годовичных слоев по новому способу [3], который предполагает их раскрой на сектора в продольном направлении. Сектора делят на сердцевинную часть, пораженную часть и периферийный сегмент, который в дальнейшем разделяют на боковые заготовки (рис. 4).

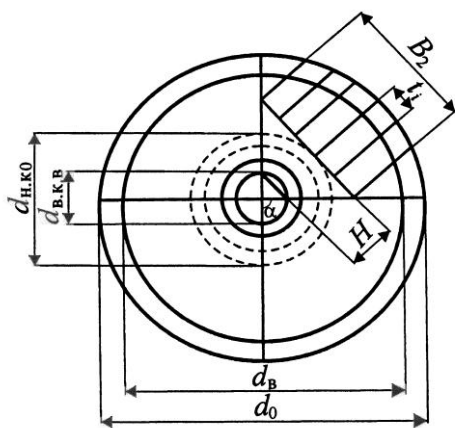


Рис. 4. Схема раскроя круглого лесоматериала, имеющего кольцевые поражения смежных годовичных слоев

Объем пилопродукции, получаемый из круглых лесоматериалов с кольцевым поражением:

$$V_{п/п} = V_I + V_{II} + V_{III},$$

где V_I – объем пиломатериалов, получаемых из секторов после удаления кольцевого поражения; V_{II} – объем пилопродукции, содержащий кольцевое поражение; V_{III} – объем пилопродукции из сердцевинной части секторов.

Объем пиломатериалов, получаемых из секторов после удаления кольцевого поражения:

при четном числе пиломатериалов из сектора

$$V_I = 2N \sum_{i=1}^k t_i h_i l_i;$$

при нечетном числе пиломатериалов из сектора

$$V_I = N(t_i h_i l_i + 2 \sum_{i=2}^k t_i h_i l_i),$$

где N – число секторов;

t_i, h_i, l_i – соответственно толщина, ширина и длина i -го пиломатериала;

k – число пиломатериалов из одного сектора.

Объем пилопродукции, содержащий кольцевое поражение:

$$V_{II} = \frac{1}{2} (B_1 + B_2) \pi H L,$$

где B_1, B_2 – соответственно ширина внутренней и наружной пластей пилопродукции;

H – толщина пилопродукции.

Ширина внутренней пласти пилопродукции

$$B_1 = d_{в.к.в} \sin \frac{\alpha}{2},$$

где $d_{в.к.в}$ – диаметр внутреннего кольца поражения в вершинном торце;

α – угол сектора.

Ширина наружной пласти пилопродукции

$$B_2 = d_{н.к0} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Толщина пилопродукции, со-
держащая кольцевое поражение:

$$H = \frac{1}{2} \left(d_{н.к.0} - d_{в.к.в} \cos \frac{\alpha}{2} \right).$$

Объем пилопродукции из серд-
цевинной части секторов

$$V_{III} = \frac{1}{4} N L d_{в.к.в}^2 \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2}.$$

При определении эффективно-
сти раскря древесины используют
критерий объемного выхода пилопро-
дукции (p , %):

$$p = \frac{V_{п/п}}{V} 100 ,$$

где $V_{п/п}$ – объем полученной пилопро-
дукции, m^3 ;

V – объем древесины, m^3 .

Таким образом, предлагаемая
методика исследования формы обра-
зующей внутренней заболони по внут-
реннему и наружному слоям кольца
позволяет получать адекватные моде-
ли, которые могут быть использованы
для математического описания про-
цесса раскря на пилопродукцию
круглых лесоматериалов, имеющих
этот порок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакин А.Т., Полубояринов О.И., Соловьев В.А. Пороки древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 112 с.
2. Распространение и характеристика внут-
ренней заболони древесины дуба черешчатого

в Среднем Поволжье/ И.А. Алексеев, А.Х. Газизуллин, В.И. Пчелин, А.С. Яковлев // Экологический вестник Чувашии. 1996. № 13. С. 101–103.

3. Способ раскря круглых лесоматериалов, имеющих кольцевые поражения древесины: заявка 2008124073 РФ: МПК В 27 В 1/00 / Торопов А.С., Торопов С.А., Шарапов Е.С., Краснова В.Ф., Христофоров А.В., Капитонов С.А.; заявитель ГОУ ВПО Марийск. гос. техн. ун-т. № 2008124073/03; заявл. 11.06.08; опубл. 20.12.09, Бюл. № 35.

4. Торопов А.С. Интенсификация производственных процессов поперечной распиловки лесоматериалов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук / СПбЛТА. СПб., 1993. 31 с.

Поступила 10.06.10

A.S. Toropov, V.F. Krasnova
Mari State Technical University

Perfection of English Oak Cutout Affected by Included Sapwood Caused by Low Temperatures Effect

The mathematical model of a new cutout is developed for round timber with affections of adjacent annual rings aiming at increasing qualitative sawn products output.

Keywords: included sapwood, round sawn timber, allometric research method, measurement technique, English oak, mathematical model, longitudinal cutout.

УДК 674.047

И.М. Меркушев

Московский государственный университет леса

Меркушев Иван Михайлович родился в 1932 г., окончил в 1957 г. Московский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии мебели и изделий из древесины Московского государственного университета леса. Имеет свыше 100 печатных работ в области деревообработки и развития лесосушильной техники и технологии сушки древесных материалов.
Тел.: 8(495) 512-75-92



СТАТИКА БЕЗДЕФЕКТНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Выявлены простые, оптимальные и форс-режимы сушки пиломатериалов. Предложены формулы, по которым рассчитаны и построены в графической форме безопасные режимы сушки пиломатериалов, координированные по текущей их влажности и рекомендуемые к использованию в производственных условиях.

Ключевые слова: простые, оптимальные и форс-режимы сушки, перепад влажности по толщине сортамента, безопасные режимы сушки по текущей влажности.

1. Схемы распределения влаги по толщине высушиваемых пиломатериалов

Метод расчета безопасных режимов сушки, координированных по текущей влажности пиломатериалов, основан на анализе схем распределения влаги по толщине пиломатериалов на разных этапах сушильного процесса. Влажность $W(x)$ высушиваемого сортамента толщиной S на расстоянии $0 < x \leq S/2$ от центра складывается из равновесной влажности W_p , перепада поверхностной влажности $\Delta W_v = 6/v$ и перепада влажности по толщине сортамента $\Delta W_s = 35,5 \pm 5,5$, распределенной в направлении x от оси к поверхности сортамента параболической функцией $f(x) = x^k$:

$$W(x) = W_p + \Delta W_v + \Delta W_s x^k. \quad (1)$$

Текущую влажность в начальной стадии процесса можно выразить формулой

$$W(x) = W_H - \Delta W_s x^k. \quad (2)$$

Показатель степени k в начальной фазе нерегулярного режима изменяется в пределах $\infty > k \geq 2$. После снижения влажности до средней переходной

$$W_{пер} = W_H - \int_0^1 \Delta W_s x^2 dx \quad (3)$$

показатель $k = 2$ при начальной допустимой равновесной влажности

$$W_{pн} = W_H - \Delta W_s - \Delta W_v. \quad (4)$$

Далее равновесная влажность снижается либо пропорционально уменьшению средней влажности W_c в так называемом простом режиме при постоянном соотношении $W_{pн}/W_{пер}$ по формуле:

$$W_{pн}(W_c) = W_c W_{pн} / W_{пер}, \quad (5)$$

либо параллельно ей в так называемом форс-режиме по формуле

$$W_{pф}(W_c) = W_{pн} - (W_{пер} - W_c), \quad (6)$$

либо по параболическому закону

$$W_p(W_c) = W_{pн} (W_c / W_{пер})^n, \quad (7)$$

где $n = 2,2$ – для форс-режима, $n = 1,5$ – для оптимального режима:

$$W_{pо}(W_c) = W_{pн} (W_c / W_{пер})^{1,5}. \quad (8)$$

На рис. 1 приведены кривые распределения влаги по толщине сортамента на разных этапах процесса, построенные по формулам (2)–(8) при следующих начальных условиях:

$$W_H = 70 \% ; \Delta W_s = 35 \% ; \Delta W_v = 10 \% .$$

В начале процесса перепад влажности по толщине сортамента

$$\Delta W_s = W_H - W_{65n}$$

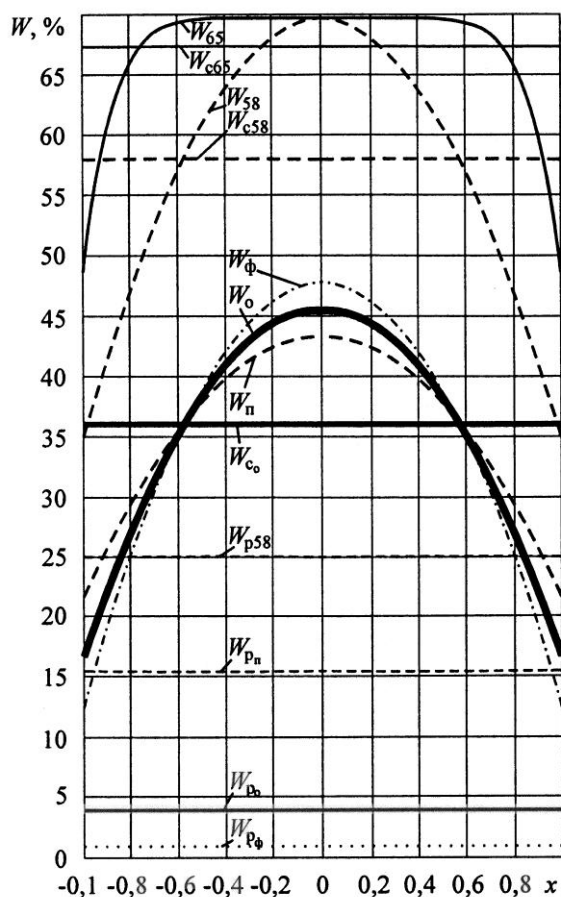


Рис. 1. Распределение влажности W по толщине x сортимента при сушке ($W_n = 70\%$; $\Delta W_s = 35\%$; $\Delta W_v = 10\%$; $\nu = 0,6$; $x = 1$), построенные по формулам (2)–(8)

возрастает до 35 %, и влажность стабилизируется на уровне первой переходной влажности $W_{c58}(x) = 58\%$. Затем процесс замедляется пропорционально снижению равновесной влажности в простом режиме или параллельно ей в фазе постоянной скорости сушки форс-режима. (В конечной фазе нерегулярного режима процесс затухает по схеме простого режима.)

На рис. 2 показаны процессы снижения равновесной влажности по среднеинтегральной текущей влажности сортимента W_c (при ее снижении от $W_n(W_c) = 60$ до 0 %). Равновесная влажность в простом режиме $W_{pn}(W_c)$ снижается пропорционально снижению влажности сортимента; в форс-режиме $W_{pф}(W_c)$ – параллельно сни-

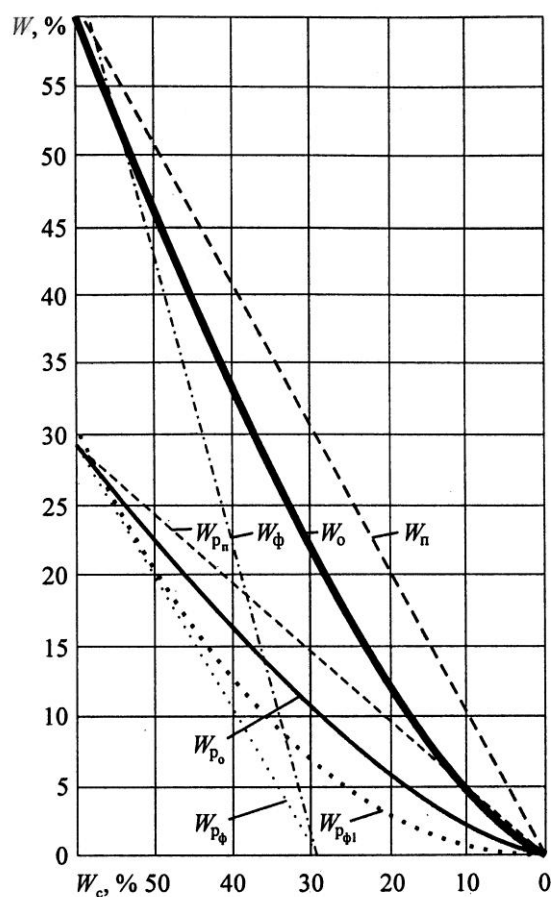


Рис. 2. Снижение текущей и равновесной влажности ($W_n = 70\%$; $\Delta W_s = 35\%$; $\Delta W_v = 10\%$; $\nu = 0,6$; $x = 1$) по среднеинтегральной влажности сортимента W_c ($W_n(W_c) = W_c$; $W_{pn}(W_c) =$

$$= W_{pn} W_c W_{пер}^{-1} \text{ при } W_{пер} = W_n - \int_0^1 \Delta W_s x^2 dx; W_{pn} = W_n - \Delta W_s - \Delta W_v \text{ и } \Delta W_v = 6\nu^{-1}, W_{po}(W_c) = W_{pn}(W_c W_{пер}^{-1})^{1,5}; W_{пф}(W_c) = W_{pn} - (W_{пер} - W_c); W_{пф}(W_c) = W_{pn}(W_c W_{пер}^{-1})^{2,2}; W_{ф}(W_c) = W_{пф}(W_c) \times W_{пер} W_{pn}^{-1}; W_o(W_c) = W_{po}(W_c) W_{пер} W_{pn}^{-1}$$

жению $W_n(W_c)$; в среднем между ними оптимальном режиме $W_{po}(W_c)$, построенном при заданных параметрах, – по формуле (8).

Оптимальный режим, соответствующий ниже приведенной закономерности

$$W_o(W_c) = W_{po}(W_c) W_{пер} W_{pn}^{-1}, \quad (9)$$

ускоряет процесс сушки щадящим образом.

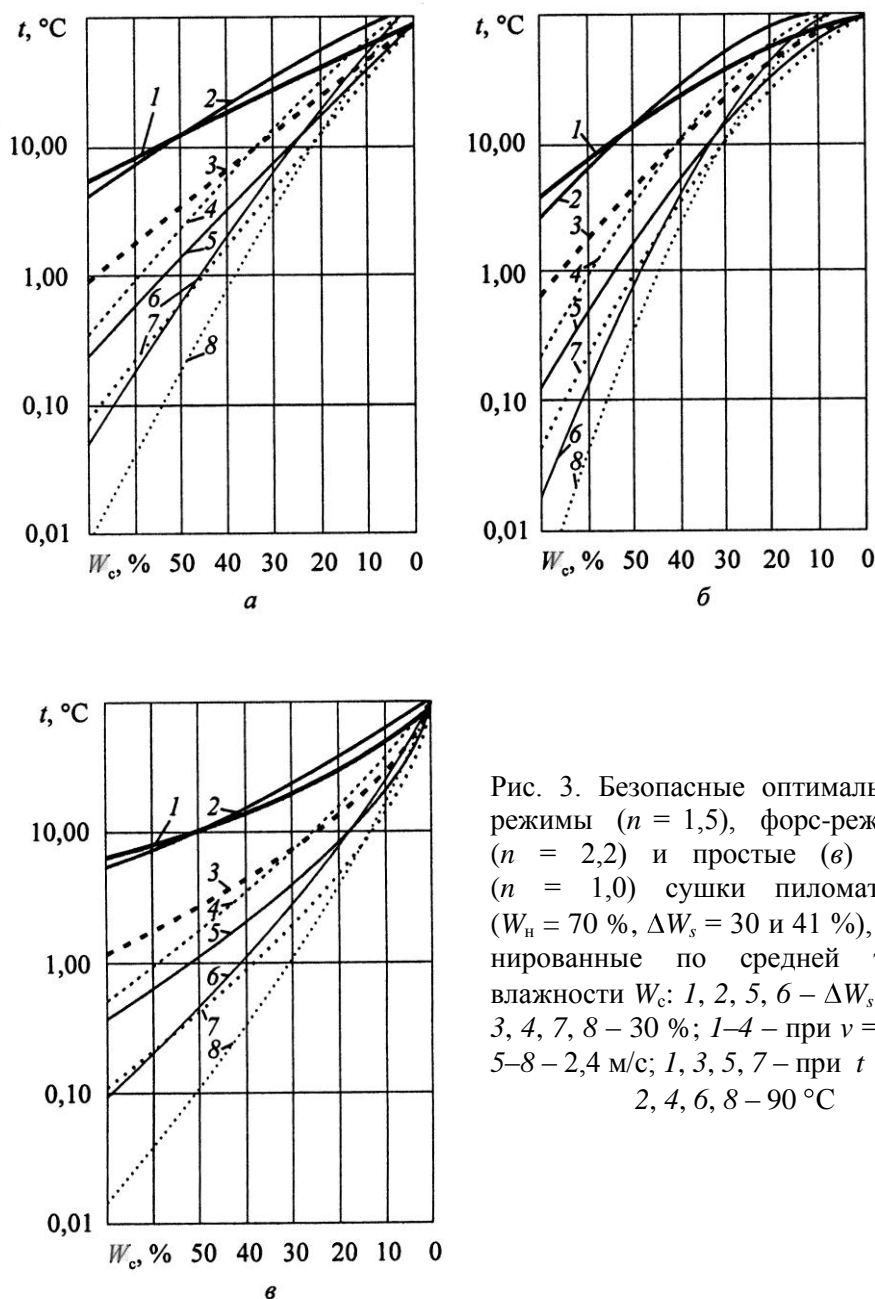


Рис. 3. Безопасные оптимальные (а) режимы ($n = 1,5$), форс-режимы (б) ($n = 2,2$) и простые (в) режимы ($n = 1,0$) сушки пиломатериалов ($W_n = 70\%$, $\Delta W_s = 30$ и 41%), координированные по средней текущей влажности W_c : 1, 2, 5, 6 – $\Delta W_s = 41\%$; 3, 4, 7, 8 – 30% ; 1–4 – при $v = 0,3$ м/с, 5–8 – $2,4$ м/с; 1, 3, 5, 7 – при $t = 45^\circ\text{C}$, 2, 4, 6, 8 – 90°C

2. Метод расчета и построение безопасных режимов сушки, координированных по влажности пиломатериалов

При расчете психрометрической разности Δt безопасных режимов сушки используются уравнения ее зависимости от равновесной влажности W_p и температуры t , представленные по [1, 2] формулой (10):

Подстановкой выражений (3), (4) и (8) в формулу (10) получено уравнение (11) для расчета психрометрической разности Δt по текущей W_c и начальной W_n влажности пиломатериалов, температуре t , перепаду влажности по толщине сортамента ΔW_s и скорости циркуляции v :

$$\Delta t(W_p, t) = \left[\frac{(1,88 - 0,0025t)^{1,44 - 0,01t - W_p^{0,66 + 10^{-6}t^{2,6}}}}{0,006 + 0,00001(120 - t)^{1,46}} \right]^{[0,074 + 10^{-17}(146 - t)^{7,77}]} \quad (10)$$

$$\Delta t(t, W_n, \Delta W_s, v, W_c, n) := \frac{\left(1,88 - \frac{t}{400}\right)^{\left[1,44 - \frac{t}{91} \left[\frac{W_n - \Delta W_s - 6 \cdot v^{-1}}{\left(\frac{\int_0^1 x dx}{W_n - \frac{\Delta W_s^{-1}}{W_c}} \right)^n} \right]^{\frac{0,66 + \frac{t^{2,6}}{10^6}}}{10^{17}}}}}{0,006 + 0,00001 \cdot (120 - t)^{1,46}} \cdot \frac{1}{1,074 + \frac{(146 - t)^{7,77}}{10^{17}}} \quad (11)$$

Безопасные режимы сушки пиломатериалов рассчитаны по уравнению (11) при $W_n = 70\%$; $v = 0,3$ и $2,4$ м/с; $t = 45$ и 90 °С; $\Delta W_s = 31$ и 41% и представлены на рис. 3 (в логарифмической координатной сетке).

Оптимальные режимы сушки прошли производственную проверку и были рекомендованы к внедрению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркушев И.М. К вопросу построения режимов конвективной сушки пиломатериалов // Технология и оборудование для переработки древесины: Сб. науч. тр. Вып. 335. М.: МГУЛ, 2006.

2. Меркушев И.М. Психрометрическая диаграмма равновесной влажности древесины // Лесн. журн. 2010. № 2. С. 83–87. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 25.06.09

I.M. Merkushev
Moscow State Forest University

Statics of Defect-free Drying of Sawn Timber

Simple, optimal and force-modes of sawn timber drying are revealed. The formulae are offered based on which the safe modes of sawn timber drying are built in the graphic form coordinated according to their current moisture content and recommended for their use in the production environment.

Keywords: simple, optimal and force-modes of drying, moisture content change according to assortment thickness, safe modes of drying according to current moisture content.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.22.664.1:676.017.42

А.А. Комиссаренков, В.Г. Хорьков

С.-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров

Комиссаренков Алексей Алексеевич родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Ленинградский технологический институт, кандидат химических наук, профессор, заведующий кафедрой аналитической химии, декан химико-технологического факультета С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 150 печатных работ в области синтеза и использования сорбентов, технологии производства целлюлозы, бумаги и картона.
Тел.: 8(812)786-52-69



КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ МАКУЛАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ РОСПУСКА С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Установлено, что кондиционирование макулатурной массы на стадии роспуска с применением наполнителей, модифицированных НПАВ, приводит к увеличению белизны образцов отливок бумаги, снижению сорности при высоких физико-механических характеристиках.

Ключевые слова: макулатура, облагораживание, роспуск, наполнители модифицированные.

Кондиционирование высококачественной макулатуры низких номеров включает задачу сохранения в максимально неповрежденном виде не только вторичного волокна, но и вторичного наполнителя. Тонкодисперсный наполнитель в оборотной воде, как и целлюлозные волокна, ухудшают технологический процесс изготовления бумаги в целом, влияя на экономику и экологию производства в связи с накоплением труднопереобрабатываемого скопа. Таким образом, облагораживание макулатурной массы и ее кондиционирование можно рассматривать с общих позиций получения качественной продукции этого класса и обеспечения устойчивой работы всей технологической линии.

Вторичный наполнитель и целлюлозные волокна, поступающие в массу при роспуске макулатурного сырья, отличаются от исходных компонентов бумажной массы тем, что выделенные из макулатуры единичные компоненты, экранированные функциональными реагентами – составны-

ми частями композиции бумажной массы, также претерпевают структурно-химические изменения. Экранированные волокна и наполнители, вероятно, не являются сплошным агрегатом, но из-за термической обработки при сушке и прессовании бумажного полотна адгезия этих реагентов может быть значительной, о чем свидетельствует наличие в распущенной макулатурной массе мелких узелков и жгутиков, состоящих их сгустка целлюлозного волокна и примесей.

Свойства вторичной бумажной массы после роспуска естественно отличаются от свойств свежих компонентов. Эти свойства трудно прогнозируются, что приводит к необходимости при изготовлении бумаги опытным путем подбирать композицию массы и расход новых функциональных реагентов.

Первая стадия переработки макулатуры – роспуск, в качестве предварительного этапа подготовки массы с физико-химических позиций в общем виде представляется как суммарное

влияние процессов смачивания, набухания, эффекта Ребиндера, адсорбционных явлений и др. В практическом плане общепринятым этапом облагораживания макулатурной массы является процесс флотации, который при правильно выбранном опытным путем флотореагенте обеспечивает массе технологические преимущества, однако является энергоемким и капиталозатратным.

В работе представлены данные о влиянии модифицированных наполнителей, внесенных на стадии роспуска в бумажную массу, на степень кондиционирования волокна, выражающемся в показателях качества образцов отливок бумаги.

Выбор активирующей роспуск добавки в виде модифицированных наполнителей обусловлен их положительным влиянием на процесс изготовления бумаги [4], в том числе и на стадии размола [2].

В качестве наполнителей использовали технические образцы, применяемые в производстве и обладающие различными кислотно-основными функциями [3]: алюмосиликатный наполнитель – цеолекс; гидратированный оксид алюминия – витлекс; карбонат кальция – переосажденный мел РСС. Модификатором поверхности наполнителей был выбран НПАВ – неол АФ 9-10. Композиция для проведения роспуска состояла из макулатуры МС-1А и МС-7Б (1:1) с получением бумаги для офсетной печати массой 55 г/м².

Роспуск макулатурного сырья, изготовление образцов отливок бумаги и оценку физико-механических характеристик проводили аналогично [5].

Данные о влиянии модифицированных наполнителей в процессе роспуска макулатуры на качество бумаги,

полученные в двух сериях экспериментов, приведены в табл. 1, 2.

Влияние природы наполнителя наглядно проявляется при оценке свойств образцов отливок бумаги при изменяющемся от 5 до 30 кг/т расходе наполнителя и постоянном расходе НПАВ, равном 0,5 кг/т (табл. 1). В этом случае адсорбция НПАВ уменьшается с ростом общего расхода наполнителя, и основное влияние на эффективность роспуска и облагораживания макулатурной массы связывается с действием наполнителя, который вовлекается в состав бумажной массы из вторичного волокна, содержащей наполнитель.

Начальный период роспуска макулатуры связан, в основном, с коллоидно-химическими процессами, приводящими к разволокнению фрагментов бумаги. В этот период количество единичных волокон и выделенного из состава макулатурного сырья наполнителя незначительно, и требуется механическое воздействие для разделения массы на компоненты.

Введение дополнительно тонкодисперсного наполнителя в поле механического воздействия на макулатуру означает увеличение, особенно на начальном этапе роспуска, числа столкновений фрагментов бумажной массы с наполнителем, что приводит к выделению в массу единичных волокон.

Это может быть связано с тем, что малые частицы наполнителя при роспуске следуют за средой, а крупные образования в виде части макулатурной массы, обладающие большой инерцией, не увлекаются потоком. Таким образом, малые частицы наполнителя могут прошивать среду и оказываются в поле действия молекулярных сил, что снижает когезионные силы состава молекулярной массы.

Разница в действии различных наполнителей как медиаторов механической энергии в гидродинамическом потоке на конкретные точки целлюлозной массы может быть обусловлена удельной плотностью, дисперсным составом и их поверхностными свойствами.

Коллоидно-химический аспект действия модифицированных наполнителей связан со структурой поверхностных слоев модификатора, зависящих от состояния поверхности наполнителя и расположения НП АВ на этой поверхности [1]. Адсорбция НП АВ за счет образования Н-связи с непарными

центрами поверхности наполнителя и гидрофильной части молекулы НП АВ приводит к гидрофобизации наполнителя. В этом случае возможна дополнительная адсорбция НП АВ с образованием слоя на поверхности наполнителя, ориентированного полярными головными группами к водной среде. Это обстоятельство позволяет предположить возможным процесс переноса части молекул НП АВ для модифицирования определенной массы макулатурного сырья. Модифицированный наполнитель в данном случае может выступать как буферное депо мономеров НП АВ.

Таблица 1
Зависимость качества бумаги от расхода модифицированного мела при постоянном расходе НП АВ (0,5 кг/т)

Показатель	Значение показателя при расходе наполнителя, кг/т					
	0	5	10	15	20	30
Разрушающее усилие, Н:						
цеолекс	30	31	31	32	32	30
витлекс	29	27	28	25	23	21
мел РСС	28	28	23	25	26	25
Разрывная длина, км:						
цеолекс	3,2	3,2	3,3	3,3	3,0	2,9
витлекс	3,2	3,1	3,0	2,9	2,7	2,7
мел РСС	3,2	3,2	3,2	3,0	2,9	2,8
Относительное удлинение, %:						
цеолекс	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8	0,9
витлекс	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7
мел РСС	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7
Белизна, %:						
цеолекс	97	101	100	103	103	102
витлекс	95	92	92	93	92	90
мел РСС	98	100	100	100	95	94
Непрозрачность, %:						
цеолекс	87	90	91	93	96	97
витлекс	88	90	90	90	91	92
мел РСС	88	94	91	92	95	96
Стойкость поверхности к выщипыванию по Деннисону:						
цеолекс	8	7	9	8	5	5
витлекс	8	7	8	7	6	5
мел РСС	6	6	6	5	5	4
Зольность, %:						
цеолекс	11,7	12,0	12,1	12,4	13,0	13,7
витлекс	10,2	11,0	11,2	11,4	12,0	12,5
мел РСС	12,2	12,1	12,4	12,7	13,0	13,5

Таблица 2

**Зависимость качества бумаги от расхода модификатора
при постоянном расходе наполнителя мела (10 кг/т)**

Показатель	Значение показателя при расходе НП АВ, кг/т						
	*	0	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0
Разрушающее усилие, Н:							
цеолекс	22	24	26	30	32	28	27
витлекс	22	24	26	30	30	28	27
мел РСС	22	21	26	23	24	23	25
Разрывная длина, км:							
цеолекс	3,0	2,8	3,1	3,3	3,3	3,1	3,2
витлекс	3,0	3,0	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2
мел РСС	2,9	2,8	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0
Относительное удлинение, %:							
цеолекс	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8
витлекс	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8
мел РСС	0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
Белизна, %:							
цеолекс	92	99	100	103	102	100	101
витлекс	92	91	90	92	91	93	93
мел РСС	92	93	96	102	100	100	102
Непрозрачность, %:							
цеолекс	92	92	93	93	90	93	92
витлекс	88	89	89	92	92	90	91
мел РСС	88	91	93	91	92	92	93
Стойкость поверхности к выщипыванию по Деннисону:							
цеолекс	8	7	7	9	8	7	7
витлекс	8	7	8	8	8	6	7
мел РСС	5	5	7	6	6	5	5
Зольность, %:							
цеолекс	10,4	11,9	12,7	12,9	12,9	12,6	12,6
витлекс	10,4	11,0	11,2	11,0	11,2	10,9	10,7
мел РСС	10,9	11,8	12,3	12,2	12,8	12,8	12,1

* Образец не содержит наполнителя и модификатора.

Этот процесс косвенно подтверждается данными, приведенными в табл. 2. Увеличение расхода НП АВ при модифицировании наполнителей при введении в макулатурную массу в процессе роспуска приводит к росту практически всех показателей качества бумаги при параллельном увеличении зольности пропорционально расходу НП АВ и наполнителей.

Относительное увеличение прочностных характеристик бумаги, определенное в каждой серии экспериментов, дополняется увеличением белизны и непрозрачности бумаги на фоне вы-

сокой белизны исходных контрольных образцов отливок бумаги без активирующих роспуск добавок. Тенденция к увеличению белизны особенно заметна для модифицированных НП АВ образцов мела и алюмосиликата. В этом случае может проявляться солюбилюющая роль поверхностных слоев на указанных наполнителях.

Этот же эффект облагораживания макулатурной массы влияет на изменение показателя «сорности» бумаги в зависимости от брутто расхода НП АВ в пересчете на наполнитель (рис. 1).

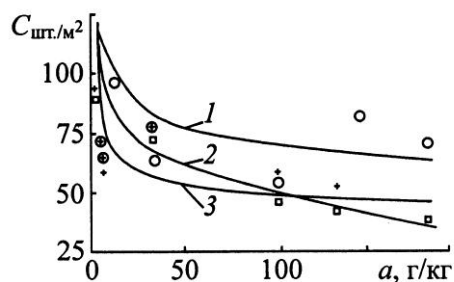


Рис. 1. Изменение сорности бумаги C в зависимости от содержания a НПАВ в составе наполнителей: 1 – витлекс, 2 – цеолекс, 3 – мел

Резкое снижение показателя сорности образцов отливок отмечено при расходе НПАВ до 20 г/кг наполнителя. Гидратированный оксид алюминия в этом процессе проявляет низкую эффективность, вероятно, в связи с относительно высокой льюисовой кислотностью.

Эффективность действия модифицированных наполнителей на качество продукции проявляется при их добавках в процессе роспуска макулатуры марки МС-5Б с последующим изготовлением образцов картона массой 140 г/м².

В этой серии опытов использовали в качестве добавки при роспуске цеолекс, модифицированный НПАВ, содержащий в расчете на массу наполнителя 0,1 и 0,5 кг/т модификатора. Расход наполнителя составлял 1,0 и 2,0 кг/т картона.

Наряду с оценкой основных физико-механических показателей качества картона проверяли ряд показателей макулатурной массы (табл. 3).

Показатель рН макулатурной массы оставался относительно постоянной величиной, равной $7,7 \pm 0,3$, жесткость дисперсной среды уменьшалась в среднем на 7 % по сравнению с контрольной массой без модифицированного наполнителя, а концентрация деградированного крахмала соответ-

ствовала контрольной массе – 100 мг/дм³. Поверхностный потенциал разбавленной в 5 раз макулатурной массы с увеличением расхода НПАВ в составе цеолекса уменьшался на 50 % по сравнению с контрольной массой и составлял, как и для отфильтрованной суспензии, 140 мВ. При увеличении расхода наполнителя до 2 кг/т с повышением содержания НПАВ в составе цеолекса поверхностный потенциал отфильтрованной суспензии имеет тенденцию к увеличению отрицательного заряда.

Эти эффекты могут быть связаны с явлением солубилизации примесей, которые, попадая в мицеллу НПАВ на поверхности наполнителя, соединяются эфирными атомами оксигидратированных цепей, обуславливая высокое удержание.

Малый индуцированный положительный заряд НПАВ мог бы частично компенсировать отрицательный заряд поверхности компонентов макулатурной массы. С другой стороны, возможно экранирование поверхности наполнителя с формированием ориентированной гидратной оболочки, что может обуславливать структурно-механический фактор устойчивости тонкодисперсных фракций компонентов бумажной массы.

Эти процессы, в разной степени проявляющиеся при роспуске макулатурного сырья, структурируют массу, приводят к ее облагораживанию и сообщают впоследствии дополнительный эффект упрочнения бумаги и картона.

Применение добавок при роспуске макулатурного сырья определено влияет на процесс размола (рис. 2).

Добавка мела приводит к замедлению кинетики размола макулатуры МС-5Б, несмотря на увеличение рН системы, способствующей этому процессу. Использование НПАВ при роспуске

Таблица 3

Показатели распушенной макулатурной массы и качества картона при добавке мела, модифицированного НП АВ

Расход, кг/т		Распушенная масса				Картон			
НП АВ	наполнителя	Степень помола, °ШР	Длина волокна, дг	Поверхностный заряд		Разрушающее усилие, кгс	Сопротивление продавливанию, кгс/см ²	Поверхностная впитываемость по Коббу, г/м ²	Зольность, %
				до фильтра	после фильтра				
–	1	23	75	-240	-112	7,1	3,0	29,0	1,1
–	2	25	65	-210	-109	7,0	2,8	28,0	1,7
0,1	1	24	70	-215	-108	7,0	3,2	27,0	1,2
0,1	2	25	70	-170	-128	7,2	2,8	26,2	1,7
0,5	1	23	73	-180	-90	7,7	3,2	27,5	1,2
0,5	2	23	63	-155	-168	7,5	3,0	28,5	1,6
1,0	1	25	65	-178	-110	7,9	3,5	26,5	1,1
1,0	2	24	65	-125	-150	7,7	3,3	28,5	1,8
1,5	1	22	70	-160	-105	7,9	3,5	28,0	1,1
1,5	2	22	72	-160	-190	7,7	3,5	28,0	1,6
2,0	1	25	71	-150	-98	7,9	3,7	25,5	1,2
2,0	2	25	67	-135	-192	7,7	3,1	27,5	1,6

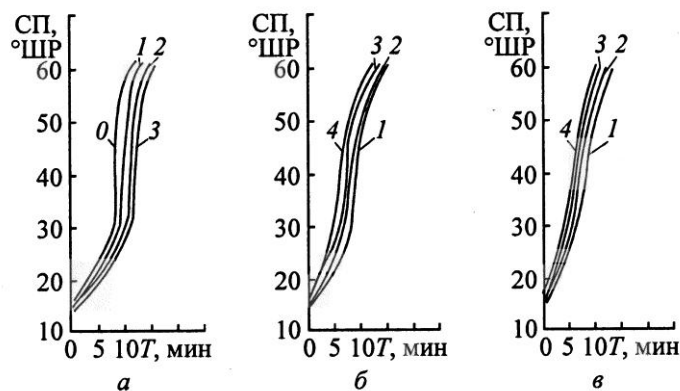


Рис. 2. Кинетика размола макулатуры МС-5Б с использованием в качестве добавки мела (а); НПАВ (б); мела, модифицированного НПАВ (в), при различных расходах: 0 – холостая проба; 1 – 0,1 кг/т; 2 – 0,5; 3 – 1,0; 4 – 2,0 кг/т

вторичного сырья ускоряет процесс пропорционально расходу реагента. Этот процесс усиливается при использовании в качестве добавки мела, модифицированного НПАВ. При этом эффективность размола также зависит от расхода НПАВ.

Такой эффект может быть связан не только с функциями НПАВ как смазочного, диспергирующего вещества и ускорителя набухания волокон, но и с проявлением действия наполнителя.

Выводы

Установлено влияние модифицированных НПАВ наполнителей (целлекс, витлекс, мел) на процесс облагораживания макулатуры при ее роспуске, выразившееся в максимально возможном сохранении волокна и наполнителя, что отражается на качественных характеристиках образцов отливок бумаги: увеличивается белизна отливок, снижается сорность при высоких физико-механических характеристиках бумаги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клюни Дж., Ингрэм Б. Адсорбция неионогенных поверхностно-активных веществ // Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / Пер. с англ.; под ред. Г. Парфита, К. Рочестера. М: Мир, 1986. С. 127–181.

2. Комиссаренков А.А., Парамонова Л.Л., Мартемьянова О.А. Влияние гидрофильных добавок на процесс размола целлюлозы // Технология бумаги и картона: Межвуз. сб. науч. тр. / ЛТИЦБП. Л., 1989. С. 32–36.

3. Танабе К. Твердые кислоты и основания. М.: Мир, 1973. 183 с.

4. Фляте Д.М. Применение модифицированных наполнителей в производстве бумаги: Обзор. информ. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1989. 36 с.

5. Хорьков В.Г. Комиссаренков А.А. Облагораживание макулатурной массы в процессе роспуска вторичного сырья // ЦБиК. 2006. № 9. С. 44–48.

Поступила 29.12.09

A.A. Komissarenkov, V.G. Khorkov
Saint-Petersburg State Technological University
of Plant Polymers

Conditioning of Recycled Paper at Pulping Stage by Using Modified Fillers

It is established that conditioning process of the recycled pulp at the pulping stage by adding fillers modified by nonionic surfactants results in increasing brightness of paper samples and decreasing dirt under high physical-mechanical properties of paper.

Keywords: recycled paper, upgrading, pulping, modified fillers.

УДК 676.088:502.171

**Т.Ф. Личутина, М.А. Гусакова, И.В. Мискевич, С.П. Цыганов,
Т.В. Соболева**

Институт экологических проблем Севера

Личутина Татьяна Федоровна родилась в 1937 г., окончила в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт кандидат технических наук, заведующий лабораторией химии растительных биополимеров ИЭПС УрО РАН. Имеет более 100 научных работ в области технологии целлюлозы, охраны природы, комплексного использования древесины, технологии ЦБП, нормирования сбросов и выбросов в окружающую среду загрязняющих веществ предприятий ЦБП.

E-mail: tfl@iepn.ru, tfl@atknnet.ru



Гусакова Мария Аркадьевна родилась в 1966 г., окончила в 1989 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии растительных биополимеров ИЭПС УрО РАН. Имеет более 50 научных работ в области технологии целлюлозы, охраны природы, комплексного использования древесины, технологии ЦБП, нормирования сбросов и выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду на предприятиях ЦБП.

Тел.: 8(8182)28-70-06



Мискевич Игорь Владимирович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Ленинградское высшее инженерное морское училище, доктор географических наук, руководитель научного направления «Прикладная экология водных объектов» в СевПИПРО, руководитель научно-исследовательского центра НИЦ «Викинг». Имеет более 100 научных публикаций в области раскрытия механизма формирования химического состава приливных устьев рек, разработки методов прогнозирования качества эстуарных и морских вод Белого и Печорского морей.

E-mail: miv@sevpipro.ru



Цыганов Сергей Павлович родился в 1960 г., окончил в 1982 г. Уральский лесотехнический институт, начальник отдела охраны окружающей среды ОАО «Монди-Сыктывкарский ЛПК». Имеет более 20 научных работ в области охраны окружающей среды, комплексного использования древесины, технологии ЦБП, организации охраны окружающей среды на промышленном предприятии.

E-mail: sergey.tsyganov@mondi.com.ru

Соболева Татьяна Владимировна родилась 1954 г., окончила в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, начальник отдела охраны окружающей среды ОАО «Архангельский ЦБК». Имеет около 20 научных работ в области охраны окружающей среды, комплексного использования древесины, технологии ЦБП, организации охраны окружающей среды на промышленном предприятии.

E-mail: Soboleva.Tatyana@Appm.ru



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ НА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ БАССЕЙНА Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ЕВРОПЕЙСКОГО СООБЩЕСТВА*

Приведено сравнение действующей в России разрешительной системы нормирования допустимого сброса загрязняющих веществ в водоем и допустимого сброса, определенного по технологическим нормативам.

Ключевые слова: ЦБП, сточные воды, загрязняющие вещества, нормирование.

Европейские страны с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью контроль и организацию экологической деятельности осуществляют по системе технологического нормирования на основе наилучших доступных технологий (НДТ). Основные принципы технологического нормирования определены в Справочнике Ев-

ропейского Союза по НДТ в ЦБП и Директиве 2008/1 ЕС от 15.01.2008 «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений» [3]. Внедрение данных подходов в Российской Федерации, как и в большинстве развитых стран, предусматривает переход на нормирование негативного воздействия на окружающую среду на базе

* В порядке обсуждения.

технологий, отвечающих наилучшим доступным достижениям науки при минимальном уровне воздействия на экосистемы, уменьшения потребления энергоресурсов, повышения конкурентоспособности предприятий. Европейские документы по технологическому нормированию базируются на удельном показателе сбросов и выбросов в расчете на единицу продукции.

Анализ экологического воздействия предприятий ЦБП на окружающую среду по европейским документам позволяет оценить техническое соответствие предприятия международным требованиям. Введение системы технологического нормирования сбросов и выбросов загрязняющих веществ должно стимулировать предприятия ЦБП к решению экологических проблем, достижению высокой экологической эффективности технологических процессов.

В Российской Федерации с 01.01.2007 вступил в действие новый Водный кодекс № 74 – ФЗ. Законодательные акты СССР, содержащие нормы, которые регулируют водные отношения, признаны не действующими на территории РФ. В настоящее время регулирование отведения сточных вод производится на основе нормативов допустимых сбросов (НДС) веществ и микроорганизмов в водные объекты, разрабатываемых с учетом необходимости соблюдения предельно допус-

тимых концентраций (ПДК) нормируемых веществ на контрольном створе реки [2].

Для оценки рассматриваемого норматива необходимо знать фоновое содержание загрязняющих веществ (ЗВ) в речных водах, участвующих в разбавлении промышленных стоков, расход сточных вод, а также параметры, определяющие кратность общего разбавления сточных вод в водотоке. На практике реализация данной процедуры для целлюлозно-бумажных предприятий выливается в осложненный целым рядом причин процесс.

Для рек с высокоцветными водами, например для Северной Двины, нормативы качества должны быть другими, поскольку их фоновые характеристики заведомо выше установленных приемлемых показателей. Даже в не загрязняемых сточными водами ЦБП реках может отмечаться сверхнормативное содержание ЗВ по ряду показателей (табл. 1). Кроме того, группа таких родственных высокомолекулярных соединений, как гуминовые кислоты, фульвокислоты, природный лигнин, определяют естественный фон северных рек и могут оказывать существенное мешающее влияние на точность и достоверность методов количественного определения ряда показателей, характеризующих влияние стоков ЦБП на качество природных вод [1, 4].

Таблица 1

Кратность превышения ПДК по концентрациям ряда ЗВ в природных водах малых рек Архангельской области

Показатель	ПДК, мг/л	Превышение ПДК, число раз			
		р. Вежма	р. Сюзьма	р. Луда	р. Ижма
ХПК	15	2	3	5	4
Фенолы летучие	0,001	4	3	<2	<1
Лигносультфонаты	1	2	4	3	2
Талловое масло	0,1	2	3	3	2
Скипидар	0,1	2	3	1	1

Таблица 2

Сравнение фоновых концентраций ЗВ (мг/дм³) в водоеме с действующими ПДК и НДС на сбросе сточных вод в водоем

Показатель	ПДК	ОАО АЦБК		ОАО СЦБК		ОАО КЦБК	
		Фон	НДС	Фон	НДС	Фон	НДС
БПК ₂₀	3	3,6	3,6	3,8	9,02	2,85	9,93
ХПК	15	42,0	42,0	38	41,9	47,1	31,6
ВВ	Естественные условия*	10,6	10,6	9,8	10,66	12,3	10,05
N _{общ}	0,5	0,08	1,22	0,06	0,432	0,022	0,1
P _{общ}	0,2	0,03	0,1	0,013	2,09	0	0,24

* Содержание ВВ для водоемов рыбного хозяйства высшей и первой категории не должно увеличиваться на 0,25 мг/дм³, для второй категории – на 0,75 мг/дм³.

Без учета особенностей водоема расчет НДС строго по Инструкции [2] приводит к тому, что норматив по основным показателям выдается равным фоновой концентрации в водоеме. В качестве примера можно привести сравнение концентраций ЗВ на сбросе сточных вод в водоем с действующими нормативными документами за 2007 г. для предприятий ЦБП бассейна р. Северная Двина (табл. 2). Наглядно видно, что для предприятия ОАО АЦБК норматив допустимого воздействия ЗВ по ХПК, БПК₂₀ и взвешенным веществам (ВВ) установлен ниже или на уровне фоновых концентраций. Эта тенденция сохраняется и по настоящее время.

Необходимо отметить, что ориентация на соблюдение нормативов допустимого сброса влечет за собой акцентирование водоохранной деятельности предприятия на работе очистных сооружений при отсутствии интереса к экологической оптимизации технологического цикла производства продукции. В данной ситуации природоохранные контролирующие органы часто видят единственный выход для решения экологических проблем в непрерывном наращивании мощностей очистных сооружений и их модернизации. При этом проигрывают обе стороны – и ЦБП за счет возрастания финансовых издержек, и природоохранные органы за счет выбора малоэффективных путей к ми-

нимизации негативного воздействия на водные объекты.

Россия, подписавшая и ратифицировавшая ряд международных конвенций и соглашений, в соответствии с которыми обязана предотвращать и уменьшать загрязнение окружающей среды, должна в кратчайшие сроки обеспечить гармонизацию российского природоохранного законодательства с нормами европейского права.

Одними из первых в России анализ природоохранной деятельности с использованием системы технологического нормирования на основе НДТ совместно начали проводить Институт экологических проблем Севера, научно-исследовательский центр «Викинг», ОАО АЦБК и ОАО «Монди СЛПК».

Выполняемая с 2001 г. работа включает несколько этапов: анализ реализуемых на предприятии технологий; проработка схемы водопотребления и стокообразования; определение фактического уровня сброса сточных вод и загрязняющих веществ по приоритетным показателям в расчете на 1 т вырабатываемой продукции; выявление «узких» мест в технологической цепочке производства; сопоставление полученных значений с технологическими нормативами (ТН) ЕС и разработка рекомендаций для предприятия по внедрению экономически доступных наилучших технологий.

Оба предприятия (ОАО АЦБК и ОАО «Монди СЛПК») оценку воздействия на окружающую среду осуществляют факультативно через удельный сброс ЗВ по приоритетному перечню показателей. Реализация комплекса ряда работ совместно с организационными и технологическими мероприятиями по модернизации и реконструкции отдельных участков производства позволила обеспечить уровень сброса ЗВ по ряду показателей в соответствии с ТН, установленными на основе НДТ для производства белой сульфатной целлюлозы в странах ЕС. Так, за период мониторинга показатель удельного сброса на ОАО АЦБК снизился: по взвешенным веществам – на 77 %, по ХПК – на 44 %, по БПК₅ – на 60 %. Аналогичные результаты получены и для ОАО «Монди СЛПК».

Таблица 3
Технологические нормативы сброса сточных вод и ЗВ для ОАО «Монди СЛПК»

Показатель	Значения показателя	
	фактические для ОАО «Монди СЛПК» (2003 – 2007 гг.)	по документам ЕС*
Расход сточных вод, м ³ /т	100,8	65,0/100,0**
ХПК, кг/т	21,5	19,0/46,5
ВВ, кг/т	2,2	1,35/3,05
БПК ₅ , кг/т	1,7	1,0/2,9

*Значение ТН ЕС рассчитано по нижнему (числитель) и верхнему (знаменатель) пределам с учетом ассортимента выпускаемой продукции.

** Расчет фактического уровня сброса сточных вод и ЗВ по приоритетным для предприятия показателям проводился только относительно выработки полуфабриката, без учета объема готовой продукции, тогда как ТН по предлагаемым документам получены в результате сложения НДСТ для отдельных производств интегрированного предприятия по каждому нормируемому показателю.

Цель наших исследований – проведение сравнения действующей в России разрешительной системы нормирования допустимого сброса ЗВ и допустимого сброса, определенного через технологические нормативы.

Нами выполнены расчеты норматива допустимого технологического сброса (НДТС) стоков и ЗВ по приоритетным показателям для интегрированного предприятия, аналогичным образом получены значения технологических нормативов по документам ЕС. Сопоставляя значения (табл. 3), отмечаем, что технологические нормативы производства на ОАО «Монди СЛПК» соответствуют экологическим требованиям, предъявляемым к интегрированным предприятиям через ТН сброса, предложенные для ЦБП России и стран ЕС.

Сопоставление разрешенного норматива допустимого сброса сточных вод и ЗВ для предприятия ОАО «Монди СЛПК» за 2007–2010 гг. и рассчитанного по системе технологического нормирования по приоритетным показателям приведено в табл. 4.

Анализ представленных данных показывает, что уровень сброса сточных вод несколько превышает технологический норматив ЕС. По нашему мнению, окончательное заключение по этому показателю выносить преждевременно, так как в России учитывается общий расход воды на технические и технологические цели. Что касается сброса ЗВ, то фактический уровень сброса по показателям ХПК, ВВ и БПК₅ имеет сравнимые значения с нормативами ЕС между нижним и верхним пределами. Реализация НДТ и достижение ТН по нижнему пределу ЕС позволит достичь сокращения сброса по этим показателям в сравнении с разрешенным НДС.

Таблица 4

Сопоставление рассчитанного по системе ТН и разрешенного НДС сточных вод и ЗВ для ОАО «Монди СЛПК»

Показатель	Фактический сброс производственного потока (2007 – 2010 гг.)	НДТС ЕС	Разрешенный НДС
Объем сточных вод, тыс. м ³ /год	69755,8	<u>27574,9</u> 43661,1	115200,6
ХПК, т/год	15722,6	<u>6212,3</u> 17839,0	Норматив не установлен
ВВ, т/год	1608,8	<u>555,4</u> 1286,6	2304,0
БПК ₅ , т/год	1243,2	<u>359,3</u> 1193,6	1497,6*

*БПК_{полн}

Приведенные в табл. 4 данные показывают, что обе системы нормирования (русская и европейская с применением принципа ТН) достаточно жестко определяют допустимый сброс ЗВ в водоем. Основные различия заключаются в принципе определения НДС. Российская система нормирует качество окружающей среды через соблюдение санитарно-гигиенических ПДК индивидуальных ЗВ в водоеме, европейская – источник загрязнения с использованием НДТ производства продукции и ТН на основе удельных показателей сброса ЗВ по приоритетным показателям в расчете на единицу выпускаемой продукции.

Выполненный анализ позволяет сделать заключение, что определенный НДС загрязнения на основе принципа ТН ЕС по нижнему пределу норматива гарантированно обеспечит НДС загрязнения по российской системе. Для практических расчетов целесообразно массу сброса индивидуального вещества в водоем по приоритетным показателям определять с использованием рассчитанных ТН, характеризующих

имеющуюся на предприятии технологию производства.

Определение технологических нормативов в соответствии с рекомендациями ЕС позволит предприятиям проводить экологическую оценку имеющихся технологий и предлагать мероприятия по дальнейшему сокращению сброса ЗВ в водоем на базе реализации НДТ. Технологические нормативы действующих технологий производства целлюлозы, бумаги и картона на предприятиях дадут возможность перейти к разработке нормативов качества окружающей среды в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Колесниченко Н.Н. Проблемы качества поверхностных вод в бассейне Северной Двины. М.: Наука, 2003. 222 с.
2. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (утв. приказом № 333 МПР России от 17.12.2007). М., 2007.
3. О комплексном предотвращении и контроле загрязнений: Директива 2008/1 ЕС от 15.01.2008. Невский экологический конгресс. (Электронный ресурс).

4. Оптимизация нормирования сброса стоков предприятий ЦБП / Т.Ф. Личутина [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 211 с.

Поступила 21.09.09

*T.F. Lichutina, M.A. Gusakova,
I.V. Miskevich, S.P. Tsyganov, T.V. Soboleva*

Institute of Ecological Problems of the North,
Ural Branch of Russian Academy of Science

Ecological Assessment of Production at Pulp-and-paper Enterprises of Northern Dvina River Basin according to European Standards

The comparison of the Russian Current licensing system of rationing the allowable contaminants discharge into basin and allowable discharge determined based on technological standards is provided.

Keywords: pulp-and-paper enterprises, waste waters, contaminants, rationing.



УДК 676.014:66.092.088

Д.Г. Чухчин, Н.А. Матонина, Е.В. Новожилов, О.М. Соколов

Северный (Арктический) федеральный университет

Чухчин Дмитрий Германович родился в 1971 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 90 печатных работ в области химической переработки древесины.
E-mail: dimatsch@mail.ru



Матонина Наталья Александровна родилась в 1977 г., окончила в 2000 г. Поморский государственный университет, аспирант кафедры биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета.
Тел.: (8182) 21-61-45



Новожилов Евгений Всеволодович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета, член-корреспондент РАЕН, лауреат премии им. М.В. Ломоносова. Имеет более 150 научных трудов в области технологии комплексной переработки сульфитных и сульфатных шелоков, ферментных технологий в химической переработке древесины, технологий очистки сточных вод.
E-mail: biotech@agtu.ru



ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОРАСТВОРИМЫХ ЛИГНОУГЛЕВОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ, ОБРАБОТАННОЙ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМОЙ

Установлено, что компонентный состав полученных лигноуглеводных комплексов близок к составу исходной древесины.

Ключевые слова: электронно-пучковая плазма, древесина, лигноуглеводный комплекс, размеры частиц, состав, свойства.

Введение

Лигноуглеводные комплексы (ЛУК) представляют собой растворимые фрагменты древесины, которые содержат как лигнин, так и углеводы, соединенные различными видами связей. Предложены разнообразные способы выделения ЛУК из древесины, которые предусматривают ее предварительную подготовку с использованием химических реагентов, длительного размола на шаровой или вибрационной мельнице, энзиматическую деструкцию или сочетание этих приемов [2, 3]. Состав ЛУК значительно меняется в зависимости от способа подготовки материала, метода выделения комплекса, природы растворителя. Это приводит к различному соотношению компонентов в составе ЛУК, как правило, к существенному

преобладанию или лигнина, или углеводов.

Большой интерес представляет выделение и изучение ЛУК, растворимых в воде, так как многие процессы химической переработки древесного сырья проводятся в водной среде. При этом следует учитывать, что основные компоненты древесины не растворимы в воде. Получение водорастворимого ЛУК, близкого по составу древесине, возможно с помощью измельчения древесины до размеров наночастиц, которые способны образовывать устойчивые коллоидные растворы.

Известно [7], что после радиолиза древесины γ -лучами из нее можно выделить водорастворимый ЛУК. Однако этот метод имеет ряд существенных недостатков; длитель-

ность, сложность обеспечения радиационной безопасности, невозможность регулирования процесса распада изотопов и т. д.

Электронно-пучковая плазма (ЭПП) позволяет в контролируемых условиях без существенного нагрева деструктировать древесную матрицу [1, 6]. Предполагается, что ускоренные электроны способны образовывать низкотемпературную плазму не только в газе, окружающем древесные частицы, но и в газе, находящемся в полостях древесных клеток, составляющих большую часть объема опилок, что ускоряет и усиливает деструкцию материала. Глубина воздействия ЭПП на древесину при ускоряющем напряжении 20 кВ и давлении 1,8 кПа составляет несколько десятков микрометров [6].

Ранее нами было показано [6], что при деструкции ЭПП древесного комплекса целлюлоза, лигнин и гемицеллюлозы переходят в водорастворимое состояние в количестве, пропорциональном их содержанию в древесине.

Целью данной работы является получение водорастворимого ЛУК из древесины, обработанной низкотемпературной ЭПП, и исследование его состава и свойств.

Экспериментальная часть

Березовые опилки фракции размерами 90...315 мкм обрабатывали ЭПП (продолжительность – 5 мин, давление – 1,8 кПа, напряжение – 20 кВ, сила тока – 1 мА). Растворимость обработанной ЭПП древесины проверяли в воде, ДМФА, 10 %-м растворе NaOH.

Размеры водорастворимых частиц анализировали методом лазерной корреляционной спектроскопии [4] на следующих приборах: DYNAMIC LIGHT SCATTERING PARTICLE SIZE

ANALYZE LB-550, гетеродинный измеритель размера частиц HPS-1.

Эксклюзионную хроматографию проводили на хроматографе Стайер с колонкой BioSep-SEC-S3000 (эффективность – 30 тыс. теоретических тарелок, размер поры – 29 нм, поверхность пор модифицирована C18, элюент – 0,1 М фосфатный буфер с pH 6,86, добавка – 0,05 % NaN₃, скорость элюирования – 1 мл/мин, температура – 30 °С). Для анализа фракций использовали ультрафиолетовый детектор (280 нм).

Анализ моносахаридов осуществляли на колонке Rezex RPM-Monosaccharide Pb²⁺(8 %) (элюент – H₂O, эффективность 10 тыс. теоретических тарелок, скорость элюирования – 0,6 мл/мин, температура – 85 °С, детектор – рефрактометр).

Спектральные анализы проведены на инфракрасном фурье-спектрометре IRPrestige-21 (фирма «Shimadzu») с приставкой ATR-8200HA («Pike Tech») и UV-VIS спектрометре UV-2550 («Shimadzu»).

Обсуждение результатов

Ограниченное поверхностными слоями материала воздействие ЭПП не позволяет в полной мере полностью деструктировать древесные опилки. Степень деструкции после обработки плазмой можно оценить по растворимости древесины в воде и различных растворителях.

Обработанные ЭПП древесные опилки экстрагировали холодной водой в течение 48 ч, при этом было извлечено 20,4 % веществ от массы опилок. Растворимость в ДМФА была примерно на том же уровне – 19,5 %.

В водном экстракте методами лазерной корреляционной спектроскопии были обнаружены устойчивые во времени частицы с размерами от 6 до 1000 нм. Процесс деструкции

матрицы древесного комплекса идет неравномерно, распределение по размеру частиц имеет максимумы в областях около 6, 70, 300 и 900 нм.

ИК-спектры (рис. 1) обработанной ЭПП древесины и ее водного экстракта практически совпадают, что свидетельствует об отсутствии селективности действия ЭПП по отношению к отдельным компонентам древесины.

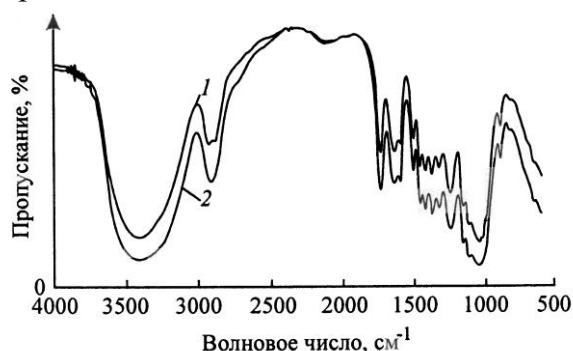


Рис. 1. ИК-спектры (KBr) обработанной ЭПП древесины (1) и ее водного экстракта (2)

Из водного экстракта методом ультрафильтрации были выделены высокомолекулярные продукты деструкции. Выход препарата, не прошедшего сквозь фильтр, составил 6,7 % от массы древесины. После кислотного гидролиза методом лигандообменной ВЭЖХ было определено, что соотношение глюкозы и ксилозы в препарате, характеризующее содержание в нем целлюлозы и ксилана, было таким же, как в гидролизате древесины березы. Содержание лигнина, определенное фотометрически в растворе кадоксена [5], составляло 22 %, что примерно соответствовало массовой доле этого компонента в исходной древесине. Таким образом, выделенный препарат включал все основные компоненты и по их соотношению был близок к исходной древесине.

Ранее было установлено [8], что при обработке ЭПП происходит разрушение гликозидных связей в макро-

молекулах целлюлозы. Растворимость деструктированной ЭПП древесины в 10 %-м растворе NaOH была очень высокой (более 75 %), что почти в 4 раза выше, чем в воде или ДМФА. Известно [5], что растворы щелочей такой концентрации способны экстрагировать фракции целлюлозы со степенью полимеризации ниже 200. Следовательно, в выбранных условиях обработки ЭПП имеет место существенное снижение молекулярной массы основной части древесной целлюлозы. Такой тип деструкции главного компонента древесины приводит к разрыву структурообразующих и армирующих элементов клеточных стенок – целлюлозных микрофибрилл, что вызывает распад древесной матрицы на отдельные фрагменты при сохранении основных типов связей между лигнином и углеводами.

Таким образом, можно сделать вывод, что выделенный препарат ЛУК представляет собой частицы древесины, измельченные до наноразмеров и способные растворяться в воде.

Методом эксклюзионной хроматографии было установлено, что в полученном препарате ЛУК имеются две фракции веществ, существенно различающиеся по размерам (рис. 2). Пик со временем выхода 5,6 мин близок к предельному уровню фракционирования и соответствует размеру частиц ≥ 29 нм. Пик в области 10,6 мин указывает на наличие в препарате веществ размерами 3...6 нм.

Интересно отметить, что нам, даже при многократной ультрафильтрации и продолжительном диализе, не удалось разделить эти две группы веществ, по-видимому, образующих достаточно прочные ассоциаты. Однако мощное динамическое воздействие и сильное разбавление в условиях ВЭЖХ позволило их разделить и детектировать.

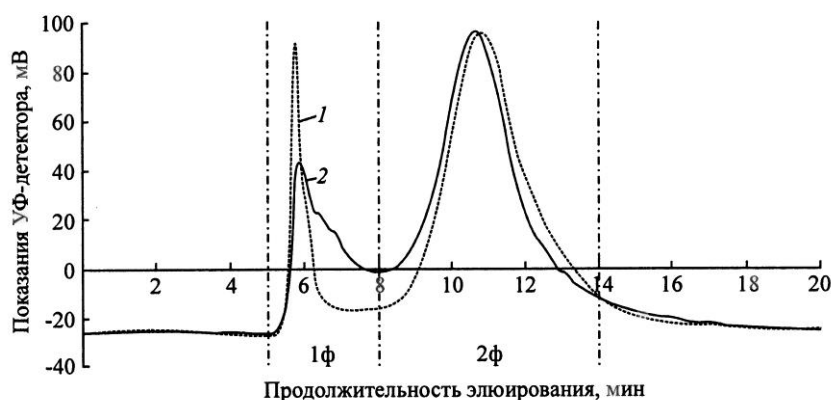


Рис. 2. Хроматограммы препарата ЛУК наноразмельченной древесины; 1 – препарат после нагревания при температуре 100 °С; 2 – выделенный препарат

Препарат выделенного ЛУК был разделен на высокомолекулярную (1ф) и низкомолекулярную (2ф) фракции, которые были высушены под вакуумом при 40 °С и исследованы методами УФ- и ИК-спектроскопии.

ИК-спектр фракции 1ф имеет менее четкие пики, что характерно для высокомолекулярных соединений. При сравнении ИК-спектров двух фракций (рис. 3) можно отметить, что низкомолекулярная фракция (2 ф) содержит меньше ароматических соединений (полоса 1505 см^{-1}), значительно больше углеводной составляющей (полосы 1060 и 1070 см^{-1} – С-О-С мостик), в которой много С = С связей (1600 см^{-1}). В спектре фракции 2ф выше содержание ОН групп (что характерно для углеводной части) и карбонильных групп.

Лигнинные вещества высокомолекулярной фракции 1ф имеют

ультрафиолетовый спектр с максимумами поглощения при 205 и 275 нм (рис. 4), что типично для лигнинов лиственных пород древесины. Кроме того, УФ-спектры лигнинных веществ отдельных проб этой фракции аналогичны, о чем свидетельствует примерно одинаковое соотношение оптических плотностей при длинах волн 260 и 280 нм (рис. 5).

В состав низкомолекулярной фракции 2ф также входили вещества, имевшие хромофорные группы и поглощавшие в УФ-области при 280 нм. Однако эти вещества в процессе обработки ЭПП претерпели более глубокие изменения. Было установлено, что по мере уменьшения размера частиц водорастворимых веществ фракции 2ф увеличивается количество хромофорных групп, интенсивно поглощающих в более коротковолновой области УФ-спектра.

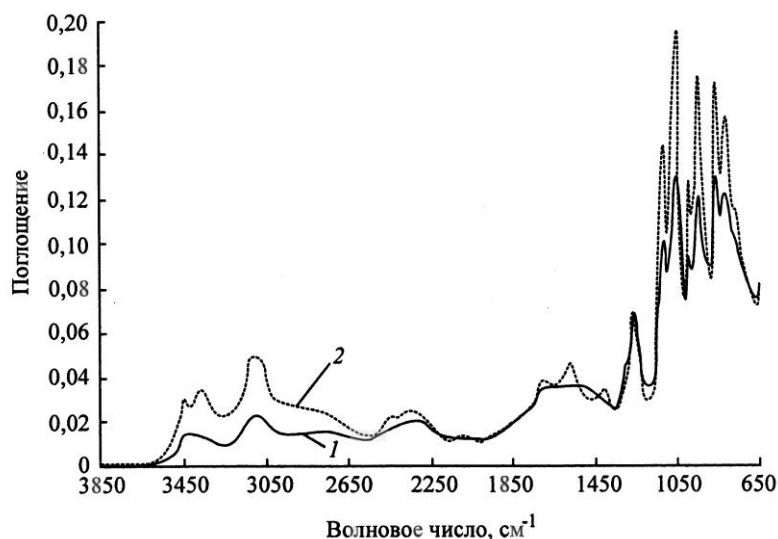


Рис. 3. ИК-спектры (ATR) фракций 1ф (1) и 2ф (2) ЛУК

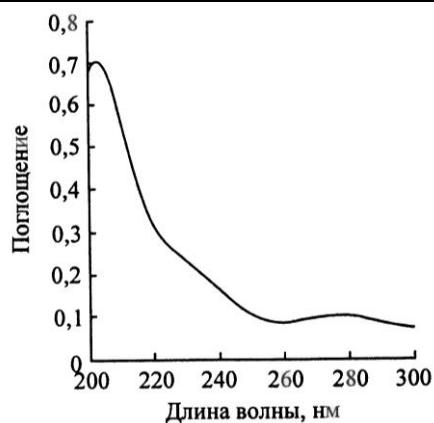


Рис. 4. УФ-спектр водорастворимых веществ фракции 1ф, обработанной ЭПП древесины

Такая тенденция особенно четко проявляется при сравнении соотношения оптических плотностей при длинах волн 260 и 280 нм (рис. 5) и указывает на то, что вклад ароматических структур в поглощение в этой области спектра снижается за счет роста содержания неароматических хромофорных групп или их дополнительного сопряжения. Вероятно, вещества фракции 2ф представляют собой преимущественно фрагменты сильно деструктурированных углеводов, содержащих значительное количество двойных углерод-углеродных связей и карбонильных групп.

Кратковременное термическое воздействие (1 мин при 100 °С) на препарат ЛУК вызвало появление опалесценции. Произошло укрупнение высокомолекулярной составляющей раствора и последующее ее выпадение в осадок. Вероятно, причиной этого является выведение системы из равновесия – разрушение ассоциатов ЛУК, после чего целлюлозные фрагменты лигноуглеводного комплекса могут частично освободиться от гидратных оболочек, приблизиться друг к другу и самоупорядочиться в новые, уже не растворимые в воде структуры.

Авторами [9] установлено, что лигнин и углеводы в соотношении, характерном для древесины, термо-

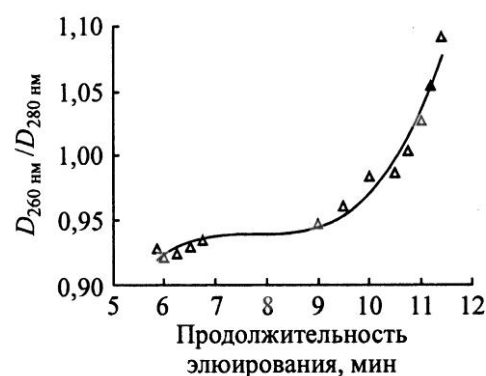


Рис. 5. Зависимость отношения оптических плотностей при длинах волн 260 и 280 нм от продолжительности элюирования

динамически несовместимы. Таким образом, неустойчивая система, получив дополнительную энергию должна перейти в более устойчивое энергетическое состояние, которое представлено не растворимыми в воде частицами.

Мягкая, без применения нагревания, ферментативная обработка целлюлазами и ксиланазами дестабилизирует водорастворимые фрагменты ЛУК. Гидролизую полисахариды, ферменты способствуют уменьшению размеров частиц ЛУК, однако при этом фрагменты ЛУК теряют устойчивость, в результате чего частицы укрупняются и выпадают в осадок.

Выводы

1. Показано, что в процессе обработки древесных опилок низкотемпературной ЭПП образуются водорастворимые продукты деструкции, которые содержат в своем составе высокомолекулярные фрагменты, измельченные до наноразмеров.

2. Дана характеристика препаратов ЛУК химическими, хроматографическими и спектральными методами анализа. Установлено, что компонентный состав полученных ЛУК близок к составу исходной древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычков В.Л., Васильев М.Н. Исследование воздействия электронно-пучковой плазмы на целлюлозные материалы // Химия высоких энергий. 1997. Т. 31, № 2. С. 137–140.
2. Грушников О.П., Шорыгина Н.Н. Современное состояние проблемы лигноуглеводных связей в растительных тканях // Успехи химии. 1970. Т. 39, № 8. С. 1459–1479.
3. Крейцберг З.Н., Арончик Б.М., Сергеева В.Н. Исследование энзиматически разрушенной древесины // Химия древесины. 1974. № 1. С. 74–77.
4. Лазерная корреляционная спектроскопия в биологии / А.Д. Лебедев. К.: Наук. думка, 1987. 256 с.
5. Оболенская А.В. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. 312 с.
6. Соколов О.М., Васильев М.Н., Чухчин Д.Г. Исследование изменения состава древесины при обработке низкоэнтальпийной электронно-пучковой плазмой // Лесн. журн. – 1999. № 2-3. С. 167–175. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Фенгел Д., Вегенер Г. Древесина (химия, ультраструктура, реакции) / Пер. с англ. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 512 с.
8. Чухчин Д.Г., Матонина Н.А., Соколов О.М. Деструкция целлюлозы под действием электронно-пучковой плазмы (ЭПП) // Лесн. журн. 2010. – № 4. С. 74–83. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Gur'ev A., Bogolitsyn K., Skrebets T. Wood cell wall as a natural polymer composition // Wood Chemistry. 1994. N 1. P. 3.

Поступила 01.09.10

D.G. Chukhchin, N.A. Matonina, E.V. Novozhilov, O.M. Sokolov
Northern (Arctic) Federal University

Characterization of Water-soluble Lignin-carbohydrate Complexes Derived from Wood Treated by Electron-beam Plasma

It is established that competent composition of lignin-carbohydrate complexes is close to the initial wood composition.

Keywords: electron-beam plasma, wood, lignin-carbohydrate complex, particle size, composition, characteristics.

УДК 676.16

И.В. Котенева, В.И. Сидоров, И.А. Котлярова

Московский государственный строительный университет

Котенева Ирина Васильевна родилась в 1978 г., окончила в 2001 г. Брянский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры общей химии Московского государственного строительного университета. Имеет 30 печатных работ в области увеличения долговечности строительных материалов на основе древесины путем модифицирования их поверхности элементарорганическими соединениями.
Тел.: 8(495)684-68-64



Сидоров Вячеслав Иванович родился в 1938 г., окончил в 1961 г. Московский институт тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии Московского государственного строительного университета. Имеет 160 научных трудов в области химии и практического использования кремнийорганических соединений.
E-mail: visida@mail.ru



Котлярова Ирина Александровна родилась в 1979 г., окончила в 2001 г. Брянский государственный университет, аспирант кафедры общей химии Московского государственного строительного университета. Имеет 10 научных трудов в области увеличения долговечности строительных материалов на основе древесины путем модифицирования их поверхности элементарорганическими соединениями.
E-mail: ikotlyarova@list.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Исследована структура целлюлозы, модифицированной огнебиозащитными составами на основе четырехкоординационных боразотных соединений методами рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии.

Ключевые слова: целлюлоза, кристаллическая структура, степень кристалличности, межплоскостные расстояния, плотность прививки модификатора, интеркристаллический процесс, четырехкоординационные боразотные соединения, «мягкое» модифицирование.

Поверхностное модифицирование древесины составами на основе четырехкоординационных боразотных соединений является эффективным способом ее защиты от избыточного увлажнения, биокоррозии и возгорания в течение длительного времени [1], так как реакционноспособные группы модификаторов химически взаимодействуют с компонентами лигноуглеводного комплекса древесины, образуя гидролитически устойчивые связи [2]. Как известно из литературы [4], происходящее в процессе модифицирования разрушение кристаллической структуры целлюлозы приводит к ускоренному старению древесинного материала и, как следствие, к быстрой потере прочности и обрушению деревянных конструкций.

Целью нашего исследования стало изучение структуры поверхностно модифицированной целлюлозы методами рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии. Для проведения рентгеноструктурного анализа использовали дифрактометр марки Scientific, модель ARL XTRA Termo (фирма «Termo Electron SA», Швейцария) с излучением λ [CuK α]=1,5418 Å и Ni-фильтром с вращающимся образцом.

В качестве образцов применяли нарезанную на кусочки размером 1×1 мм высокоочищенную целлюлозу обеззоленных фильтров, в качестве модификаторов – 50 %-е водные растворы, содержащие моноэтаноламин(N→B) тригидроксидборан, pH 10,9 (состав 1)

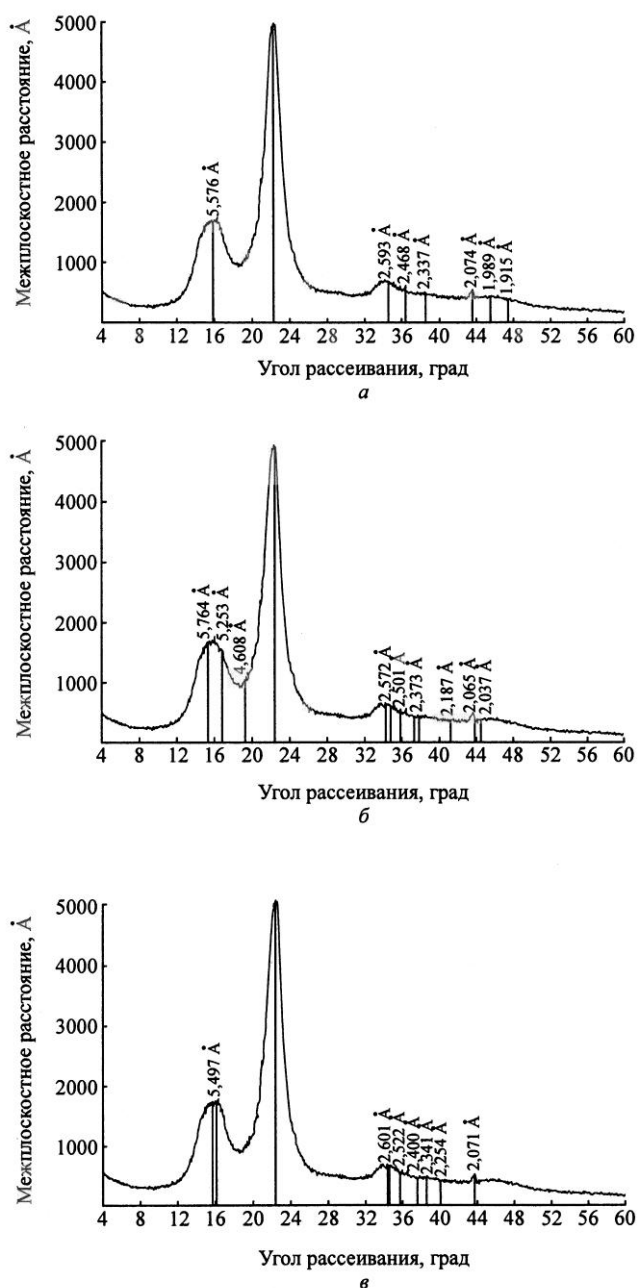


Рис. 1. Рентгенограммы немодифицированной целлюлозы (а) и целлюлозы, модифицированной составами 1 (б) и 2 (в)

и диэтиламин(N→В)борат, рН 10,2 (состав 2). Модифицирование проводили при комнатной температуре в течение 3 ч методом погружения образцов в растворы модификаторов. Избыток модификаторов удаляли экстракцией дистиллированной водой. Модифицированные образцы высушивали при комнатной температуре до постоянной массы.

На рис. 1 представлены рентгенограммы образцов немодифицированной и модифицированной целлюлозы. На всех рентгенограммах можно выделить пики, соответствующие рассеиванию рентгеновских лучей кристаллической частью целлюлозы, и аморфное гало в виде плавной части кривой с максимумом интенсивности при $2\theta \sim 19,0^\circ$, (θ – угол рассеивания). В интервале углов рассеивания до $34,0^\circ$, на экваторе

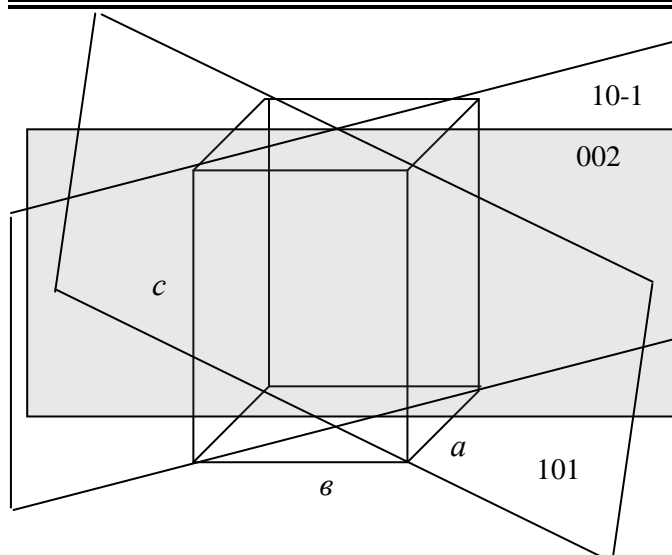


Рис. 2. Некоторые плоскости кристаллической решетки целлюлозы

рентгенограмм, у всех образцов целлюлозы присутствуют два кристаллических максимума, причем первый из них является следствием отражения рентгеновских лучей от плоскостей 101 и 10-1 ($2\theta \sim 16,0^\circ$), второй – от плоскости 002 ($2\theta \sim 22,2^\circ$). Рефлекс на меридиане рентгенограмм ($2\theta \sim 34,3^\circ$) – следствие отражения рентгеновских лучей от плоскостей, параллельных плоскости ab [1] (рис. 2).

В таблице представлены значения углов рассеивания 2θ , межплоскостных расстояний d и степени кристалличности (СК) исследуемых образцов.

Как видно из рентгенограмм (см. рис. 1), размытые и наложенные друг на друга пики 101 и 10-1 на рентгенограмме немодифицированной целлюлозы превращаются в четко различимые рефлексы на рентгенограммах. Этот факт, а также увеличение степени кристалличности образцов целлюлозы, модифицированных составами 1 и 2 (см. таблицу), свидетельствуют об упорядочивании структуры целлюлозы в процессе ее модифицирования четырехкоординационными боразотными соединениями [5]. На увеличение степени кристалличности целлюлозы при модифицировании указывают и полученные ранее данные ИК-спектроскопии [7], в соответствии с которыми в ИК-спектрах модифицированных

образцов отмечается увеличение интенсивности полосы поглощения частотой 1430 см^{-1} (полоса кристалличности) и уменьшение оптической плотности пика частотой 900 см^{-1} (полоса аморфности) в сравнении с аналогичными частотами в ИК-спектре немодифицированной целлюлозы.

Увеличение степени кристалличности у образцов модифицированной целлюлозы указывает на то, что химическое взаимодействие целлюлозы с реакционноспособными группами четырехкоординационных боразотных соединений представляет собой интеркристаллический процесс, протекающий без разрушения кристаллической структуры целлюлозы. Вероятно, молекулы модификаторов реагируют с более доступными гидроксильными группами аморфных областей целлюлозы.

Интересно отметить, что межплоскостное расстояние между слоями целлюлозы d_{002} у немодифицированной целлюлозы и целлюлозы, модифицированной составом 2, одинаковое. У образца целлюлозы, модифицированной составом 1, межплоскостное расстояние d_{002} несколько уменьшается. Можно предположить, что молекулы полифункционального модификатора – моноэтанолмин($N \rightarrow B$)тригидроборана – химически взаимодействуют со спиртовыми гидроксильными группами макромолекул

Образец	Пик 101		Пик 10-1		Пик 002		Пик 20~34,4°		СК, %
	2θ, град	<i>d</i> , Å	2θ, град	<i>d</i> , Å	2θ, град	<i>d</i> , Å	2θ, град	<i>d</i> , Å	
Немодифицированная целлюлоза*	15,8807	5,5760	15,8807	5,5760	22,3779	3,9696	34,5680	2,5926	47,65
Модифицированная целлюлоза: составом 1	15,3582	5,7640	16,8671	5,2521	22,4398	3,9588	34,3462	2,6088	50,11
« 2	15,6950	5,6415	16,1097	5,4972	22,3779	3,9696	34,4583	2,6006	51,12

*Происходит наложение пиков 101 и 10-1

целлюлозы, принадлежащих параллельным слоям. Это согласуется с экспериментальными данными, полученными методом ИК-спектроскопии [7]. Согласно последним в реакцию модифицирования составом 1 вступают гидроксильные группы у атомов C⁶ и C² глюкопиранозного кольца целлюлозы. Незначительное уменьшение межплоскостного расстояния, вероятно, связано с низкой плотностью прививки, которая согласно расчетам, основанным на данных количественного анализа, полученных методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии [6], равна 0,44 ммоль/г.

Несколько большее значение степени кристалличности у целлюлозы, модифицированной составом 2, в сравнении с целлюлозой, модифицированной составом 1, можно объяснить тем, что в процессе модифицирования целлюлозы водными растворами модификаторов и длительной экстракции модифицированных образцов дистиллированной водой происходит вымывание целлюлозного материала из аморфной части [4], при этом относительная доля кристаллических участков возрастает (СК увеличивается). Большая плотность прививки в образце целлюлозы, модифицированной составом 1, приводит к упорядочиванию аморфных участков как за счет ковалентных сложноэфирных связей, так и за счет образования новых водородных связей между

спиртовыми группами целлюлозы и полярными протолитическими ОН и аминогруппами моноэтиламин(N→В) тригидроксиборана. Это уменьшает количество удаляемого материала из аморфной части целлюлозы, модифицированной составом 1, и, как следствие, повышает СК у образца целлюлозы, модифицированного составом 2.

Межплоскостное расстояние $d_{34,4}$ также несколько увеличивается у образцов модифицированной целлюлозы по сравнению с немодифицированной. Известно [4], что наиболее слабые водородные связи (затрагивающие аморфные участки) находятся в местах изгиба макромолекулярных цепей целлюлозы. Образование эфирных связей В-О-С между ОН-группами модификаторов и более реакционноспособными гидроксильными группами аморфных участков целлюлозы приводит к перераспределению системы водородных связей, а следовательно, к выпрямлению макромолекул целлюлозы. Немного большее значение $d_{34,4}$ у целлюлозы, модифицированной составом 1, вероятно, связано с большей плотностью моноэтиламин(N→В) тригидроксиборана.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы: при модифицировании целлюлозы составами на основе четырехкоординационных боразотных соединений не происходит

разрушение кристаллической структуры целлюлозы, следовательно, этот процесс можно назвать «мягким» модифицированием. Такое модифицирование не приводит к ускоренному старению целлюлозных материалов, быстрой потере прочности и увеличивает долговечность деревянных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Котенева И.В., Котлярова И.А.* Нанотехнологии в создании защитных покрытий на древесине // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: Первая междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 2009. Т. 1. С. 95–99.
2. *Котенева И.В., Сидоров В.И., Котлярова И.А.* Исследование поверхности целлюлозы, модифицированной аминоэтилборатом // Химия поверхности и нанотехнология: Материалы IV Всерос. конф. с международным участием. С.-Петербург, Хилово, 2009. С. 124–125.
3. *Петропавловский Г.А.* Гидрофильные частично замещенные эфиры целлюлозы и их модификация путем химического сшивания. Л.: Наука, 1988. 298 с.
4. *Покровская Е.Н.* Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений: Моног. М.: Изд-во АСВ, 2003. 104.

5. *Секушин Н.А., Кочева Л.С., Демин В.А.* Количественный рентгено-структурный анализ модифицированных целлюлоз // Химия растительного сырья. 1999. № 1. С. 59–64.
6. *Сидоров В.И., Котенева И.В., Котлярова И.А.* Природа модифицирования целлюлозы аминоэтилборной кислотой по данным рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2009. № 4. С. 130–134.
7. *Сидоров В.И., Котенева И.В., Котлярова И.А.* ИК-Фурье спектроскопия целлюлозы, модифицированной боразотными соединениями // Фундаментальные науки в современном строительстве: Сб. трудов 7-й Всерос. науч.-практ. конф. Москва: МГСУ, 2010. С. 93–97.
8. *Фенгел Д., Вегенер Г.* Древесина (химия, ультраструктура, реакции) / Пер. с англ. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 512 с.

Поступила 30.04.10

I.V. Kotenyova, V.I. Sidorov, I.A. Kotlyarova
Moscow State University of Civil Engineering

Investigation of Modified Cellulose Structure

The cellulose structure modified by fire-bioprotective agents based on four-coordination bornitrogen compounds is investigated by the methods of X-ray structural analysis and scanning electronic microscopy.

Keywords: cellulose, crystal structure, crystallinity degree, interplanar spacings, density modifier inoculation, intercrystal line process, four-coordination bornitrogen compounds, «soff» modification.

УДК 676.19

А.С. Смолин, В.К. Дубовый, Д.Ю. Комаров

С.-Петербургский государственный технический университет растительных полимеров

Смолин Александр Семенович окончил в 1962 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии бумаги и картона С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 130 научных трудов в области изучения процессов бумажно-картонного производства, химии бумаги, использования вторичного волокна.
E-mail: smolin@gturp.spb.ru



Дубовый Владимир Климентьевич родился в 1967 г., окончил в 1991 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, доцент С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 40 печатных работ в области технологии бумаги и картона.
E-mail: dubovy2004@mail.ru



Комаров Дмитрий Юрьевич родился в 1985 г., окончил в 2007 г. С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, аспирант кафедры технологии бумаги и картона СПбГТУРП. Имеет 2 печатные работы в области технологии бумаги.
E-mail: komarossi@rambler.ru



«ПЕННЫЙ» СПОСОБ ФОРМОВАНИЯ БУМАГОПОДОБНЫХ КОМПОЗИТОВ

Доказано, что при «пенном» способе формования, благодаря улучшению структуры и повышению удерживаемости связующего, возрастают прочностные и фильтрующие характеристики материала.

Ключевые слова: минеральные волокна, стекловолокно, ПАВ, «пенный» способ, пенообразование, дисперсность, фильтровальные материалы, полигидроксикомплексы алюминия, нанокompозиты.

Бумагоподобные композиты на основе минеральных волокон обладают рядом уникальных, особенно для фильтрующих материалов, свойств. Это высокие термо-, хемо- и биостойкость, устойчивость к различного рода излучениям, низкое аэродинамическое сопротивление в сочетании с высоким улавливающим эффектом [2]. При получении таких композитов в первую очередь приходится решать задачу диспергирования перед отливом длинных минеральных волокон (10...40 мм) в целях получения равномерной структуры. Эта задача отчасти решается значительным разбавлением массы до 0,015...0,020 % с использованием наклонной сетки, что приводит к увеличению расхода воды и усложнению конструкции БДМ [4].

Альтернативой является «пенный» способ формования, который позволяет получать равномерные и прочные материалы из длинных волокон на обычных плоскосеточных БДМ без избыточного расхода воды [3].

На кафедре технологии бумаги и картона СПбГТУРП были проведены исследования, направленные на подтверждение вышеупомянутых преимуществ пенного способа формования. Перед нами стояли следующие цели:

экспериментально найти факторы, которые оказывают существенное влияние на характеристики получаемой высокодисперсной пены, а также подобрать оптимальный пенообразователь;

разработать методы анализа основных характеристик пены и определить

Таблица 1

Чувствительность ПАВ к факторам пенообразования и их оптимальные значения

Фактор пенообразования	Чувствительность ПАВ			Оптимальные значения фактора
	неионогенных	цвитер-ионных	катионных	
Концентрация ПАВ	**	**	**	1,0...1,5 мг/л
Продолжительность перемешивания	**	**	**	8...12 мин
Частота вращения мешалки	***	***	***	1500...2000 об/мин
pH среды	*	*	***	7
Жесткость воды	*	*	***	–
Тип мешалки (якорная, пропеллерная)	*	*	*	–

* Незначительная. ** Умеренная. *** Значительная чувствительность.

оптимальные значения этих характеристик;

пенным способом (в лабораторных условиях) из минеральных волокон получить образцы материалов, обладающих высокими прочностными и фильтрационными характеристиками;

испытать неорганическое связующее на основе полигидроксокомплексов алюминия и оценить влияние их концентрации на свойства получаемого материала.

Пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из ячеек – пузырьков газа, разделенных пленками жидкости. Механизм образования пузырька пены заключается в формировании адсорбционного слоя на межфазной поверхности газообразного включения в жидкой среде, содержащей поверхностно-активные вещества (ПАВ) [5].

Основные характеристики пены [5]:

пенообразующая способность раствора (вспениваемость) – это количество пены, выражаемое ее объемом, который образуется из постоянного объема раствора;

кратность пены – представляет собой отношение объема пены к объему раствора, пошедшего на ее образование;

стабильность (устойчивость) пены – ее способность сохранять общий объем и дисперсный состав и препятствовать истечению жидкости;

дисперсность пены, которая может быть задана средним размером пузырька и распределением пузырьков по размерам (дисперсия);

объемное содержание воздуха, которое характеризуется отношением объема жидкой фазы к общему объему.

Для получения пены в исследованиях использовали простой, но эффективный пеногенератор, состоящий из мешалки IKRW-14 с регулируемым числом оборотов и градуированной емкости.

В первой серии опытов в качестве пенообразователей применяли ПАВ различных классов (неионогенные, цвитер-ионные, катионные) торговой марки «Rhodia» (Франция). Характеристики пены оценивали через 0,5 и 10 мин после отключения мешалки.

В результате были определены основные факторы пенообразования и их оптимальные значения. Как видно из табл. 1, разные классы ПАВ имеют разную чувствительность к перечисленным ниже факторам, но на количество пены во всех случаях наибольшее влияние оказывало изменение числа оборотов мешалки (рис. 1).

Результаты, полученные для неионогенных ПАВ, сравнимы с результатами для более дорогих цвитер-ионных ПАВ [6], поэтому в дальнейших исследованиях использовали только неионогенные ПАВ.

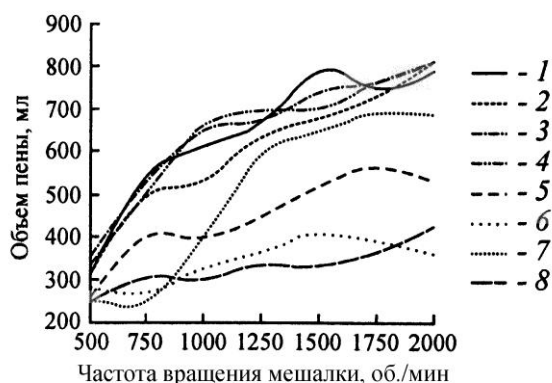


Рис. 1. Влияние числа оборотов мешалки на вспениваемость различных ПАВ: 1 – Rhodasurf ID 060, 2 – Viritaine CBSE, 3 – то же D40, 4 – то же CAB.A, 5 – Miranol ultra C-32, 6 – Antarox AG5, 7 – то же B79R, 8 – Geropon AS-200

Наилучшие результаты (табл. 2) показал Triton BG-10 Surfactant (70 %-й алкилполигликозид). Этот ПАВ обладает самой высокой вспениваемостью и кратностью пены, а также оптимальным объемным содержанием воздуха [3]. Кроме того, в спецификации производитель отмечает его хорошую биоразлагаемость. Поэтому все дальнейшие эксперименты с определением

дисперсности и изготовлением образцов материала проводили только с ним.

Основной физической механизм формирования материалов пенным способом заключается в том, что пузырьки мелкодисперсной пены до разрушения не позволяют волокнам сближаться и образовывать связи (рис. 2). Таким образом, волокна равномерно распределяются в межпузырьковом пространстве по всему объему пены, не образуя флоккул, а после ее разрушения равномерно формируются в полотно. Поэтому большое значение имеет дисперсность пузырьков пены, а также возможность регулировать ее, изменяя факторы пенообразования в зависимости от требуемых свойств будущего материала. Известно, что наиболее качественное бумажное полотно может быть получено при объемном содержании воздуха в пене около 55...75 %. Этому диапазону соответствует диаметр пузырьков воздуха в пределах 20...100 мкм при среднем значении 50 мкм [3].

Таблица 2

Испытания неионогенных ПАВ* (фрагмент)

ПАВ		Результаты эксперимента после отключения мешалки, мин						Кратность пены
Химическое название	Коммерческое название	Объем пены, мл			Объемное содержание воздуха, %			
		0**	5	10	0**	5	10	
Октилфенол-этоксилат	Triton X-100	670	600	600	78	65	65	2,4
Этоксильированные вторичные спирты	Tergitol 15-S-7	750	700	670	93	67	66	2,8
	Tergitol 15-S-5	310	300	280	26	23	18	1,2
Разветвленные этоксильированные вторичные спирты	Tergitol TMN-6 (90 %)	720	460	350	89	50	29	1,8
	Tergitol TMN-10 (90 %)	650	600	590	85	58	58	2,4
Алкилполигликозид	Triton BG-10 Surfactant	780	760	750	100	72	71	3,0

* Факторы пенообразования: концентрация ПАВ – 1,0 мг/л; продолжительность перемешивания – 10 мин; частота вращения мешалки – 1500 об/мин; вода (объем – 250 мл, температура – +20 °С, рН 7). **Здесь и далее, в табл. 3, сразу после отключения мешалки.

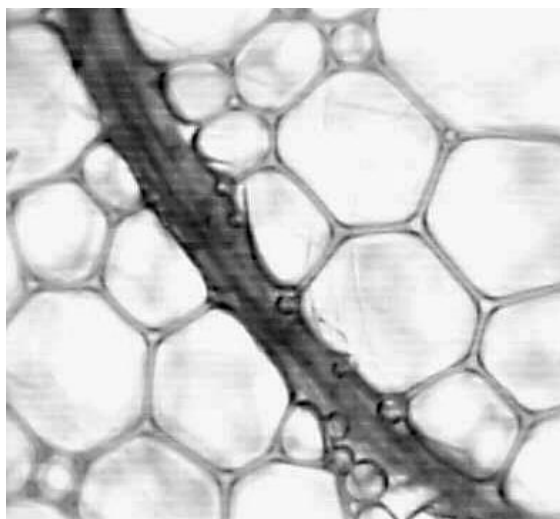


Рис. 2. Микрофотография пены с диспергированным базальтовым волокном (50X)

Целью следующей серии экспериментов было нахождение зависимости дисперсности от факторов пенообразования. Дисперсность оценивали с помощью микрофотографии. Для этого использовали цифровой микроскоп Ломо Эксперт с переменным увеличением (0...100X). Фотографии были сделаны при увеличении 50X, через 0, 5 и 10 мин после отключения мешалки.

На основе результатов экспериментов по определению дисперсности стоит отметить интенсивное увеличение среднего размера и дисперсии в течении первых 10 мин после отключения мешалки. Это говорит о некоторой нестабильности пены по дисперсному составу, хотя ее общий объем при этом изменяется незначительно. Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы формование материала осуще-

ствлялось в течение первых 5 мин после приготовления пены. Иллюстрация экспериментов представлена на рис. 3.

Как видно из графиков, приведенных на рис. 3, наибольшее влияние на средний диаметр пузырьков оказывает число оборотов мешалки. Кроме того, сравнительно хорошее распределение пузырьков по размерам достигалось при более длительном перемешивании и более высокой концентрации ПАВ. Поэтому можно сделать вывод, что наилучшие показатели как дисперсности, так и объемного содержания воздуха (кратность пены) достигаются при 2000 об/мин, концентрации ПАВ 1,0...2,0 мг/л и продолжительности перемешивания около 10 мин, что в целом подтверждает теоретические данные, а также выводы, сделанные в первых экспериментах.

Ключевой частью работы было исследование и получение пенным способом бумагоподобных композиционных материалов на основе минеральных волокон и неорганического связующего. Образцы материала (отливки) изготавливали на лабораторном листоотливном аппарате ЛОА-2. При этом были использованы следующие виды минеральных волокон: микро- (диаметр $d = 0,25$ и $0,40$ мкм) и ультратонкие ($0,65$ мкм) стеклянные волокна; базальтовые волокна ($3,50$ мкм).



Рис. 3. Влияние числа оборотов мешалки (а), продолжительности перемешивания (б) и концентрации ПАВ (в) на средний диаметр пузырьков пены: 1 – спустя 10 мин после отключения мешалки; 2 – 5 мин; 3 – сразу после отключения

Таблица 3

Определение дисперсности пены (ПАВ – Triton BG-10 Surfactant)

Факторы пенообразования			Результаты эксперимента после отключения мешалки, мин												
Концентрация ПАВ, мг/л	Продолжительность перемешивания, мин	Частота вращения мешалки, об./мин	Объем пены, мл			Объемное содержание воздуха, %			Кратность пены	Дисперсность					
			0**	5	10	0**	5	10		Дисперсия			Средний диаметр пузырьков, мкм		
										0**	5	10	0**	5	10
0,2	10	1500	650	550	550	92	58	58	2,2	219,6	1407,2	3253,3	44	64	103
0,5			750	570	530	100	60	55	2,3	530,9	2659,3	4352,4	46	81	110
1,0			770	750	730	100	71	70	3,0	347,1	2209,1	6938,6	54	91	117
1,5			810	780	780	100	68	68	3,1	802,5	1919,4	3295,4	59	80	102
2,0			850	830	820	100	70	70	3,3	187,1	1103,5	7434,7	49	82	122
2,5			780	760	760	100	70	70	3,0	78,3	1306,5	3772,8	36	76	103
1,0	2	1500	730	710	710	100	68	68	2,8	783,1	2808,9	15124,3	56	89	148
	6		770	750	750	100	71	69	3,0	93,0	4571,5	6282,2	45	88	124
	10		770	750	730	100	71	70	3,0	347,1	2209,1	6938,6	54	91	117
	15		770	730	710	100	71	69	2,9	67,4	478,5	1959,7	41	68	86
	20		780	700	700	100	71	71	2,8	127,9	3226,7	6233,8	44	83	111
1,0	10	500	510	440	430	57	48	47	1,8	3536,1	1258,6	1233,3	97	76	87
		1000	650	650	650	92	66	65	2,6	487,3	1616,3	6128,2	55	78	110
		1500	770	750	730	100	71	70	3,0	347,1	2209,1	6938,6	54	91	117
		2000	860	830	830	100	76	71	3,3	17,5	1066,1	1388,6	29	64	85

Минеральные волокна, в отличие от растительных, не способны самостоятельно образовывать достаточное количество водородных связей для создания прочных структур. Поэтому для получения отливок на основе минеральных волокон необходимо использовать связующие добавки. В данной работе было использовано неорганическое связующее на основе полигидроксикомплексов алюминия [1].

Навеску волокон перед формированием диспергировали на мешалке в 4 л воды до достижения однородной консистенции с учетом того, что масса 1 м^2 должна быть 100 г. Затем в массу добавляли рассчитанное количество связующего, ПАВ, и с учетом установленных выше факторов пенообразования ее перемешивали. Заданный рН массы устанавливали путем добавления раствора гидроксида натрия и контролировали по показаниям рН-метра (рН 7...8). В формующей камере листоотливного аппарата массу дополнительно разбавляли водой до 6 л.

Для оценки фильтрующих и прочностных свойств у всех отливок определяли следующие характеристики (в скобках указаны требования к этим характеристикам): толщина H , мм; прочность отливок при растяжении δ_p , кПа (не ниже 300 кПа); сопротивление образцов потоку воздуха Δp , мм вод. ст. (не более 10 мм вод. ст.); коэффициент проницаемости по масляному туману $K_{пр}$, % (не более $0,1 \cdot 10^{-4}$ %); капиллярная впитываемость, мм.

В первую очередь было оценено влияние концентрации связующего (5, 10, 15 и 20 %) на вышеперечисленные характеристики (рис. 4, а). При этом отливки получали классическим способом формирования для каждого типа стекловолкна. На основании проведенных исследований были сделаны

выводы, что прочностные характеристики возрастают с увеличением концентрации связующего, это объясняется повышением прочности связей между волокнами. При этом капиллярная впитываемость падает, так как поры волокон заполняются связующим. Лучшие показатели качества отмечены у волокон с $d = 0,25$ мкм, т. е. с уменьшением диаметра волокон увеличиваются их удельная поверхность и количество поверхностных гидроксильных групп, способных образовывать связи.

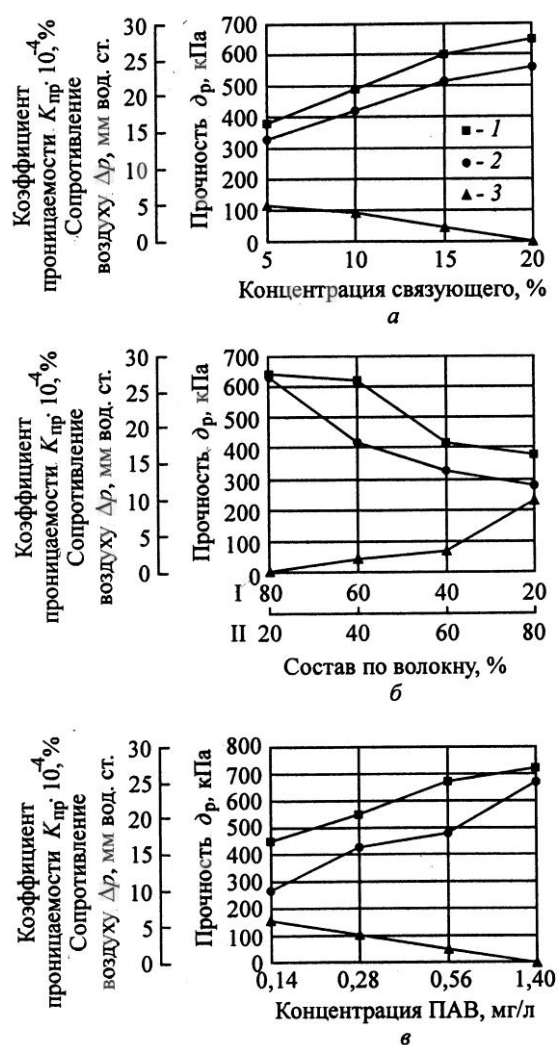


Рис. 4. Влияние концентрации связующего (а), состава по волоку (б) и концентрации ПАВ (в) на характеристики фильтровального материала (а – стекловолкно, $d = 0,25$ мкм; б – 0,25 (I) и 0,65 мкм (II), концентрация связующего 20 %; в – 0,25 мкм, 20 %): 1 – прочность, 2 – сопротивление воздуху, 3 – коэффициент проницаемости

Материал с диаметром волокна 0,25 мкм обладает самым низким коэффициентом проскока ($0,1 \cdot 10^{-4} \%$), высокими показателями прочности (650 кПа) и сопротивления потоку воздуха (24 мм вод. ст.). Последнее неприемлемо для использования данного материала в качестве фильтровального, поэтому было принято решение исследовать композиции стекловолнока различных диаметров (рис. 4, б).

Для составления композиций использовали стекловолноко диаметром 0,25 и 0,65 мкм при концентрации связующего 5, 10, 15 и 20 %. На основании этого эксперимента был сделан вывод, что при увеличении в материале доли волокна с диаметром 0,25 мкм прочность увеличивается. Соотношение волокна 40 (0,25 мкм) и 60 % (0,65 мкм) и концентрация связующего 20 % позволяют получить материал, пригодный для очистки газоздушных сред, при этом образец имеет низкий коэффициент проницаемости ($0,3 \cdot 10^{-3}$), повышенное сопротивление потоку воздуха (14 мм вод. ст.) и недостаточно высокий показатель прочности.

Низкие прочностные характеристики связаны с неравномерной структурой при использовании классического способа формования длинных минеральных волокон. В целях улучшения структуры, а следовательно, прочностных и фильтровальных характеристик материала был применен пенный способ формования (рис. 4, в).

Сначала при отливке образцов использовали стекловолноко диаметром 0,25 мкм, при этом изменяли концентрации связующего и ПАВ. Было установлено, что с увеличением концентрации ПАВ улучшаются фильтровальные и прочностные характеристики. По-видимому, это обусловлено тем, что увеличение концентрации

ПАВ приводит к улучшению дисперсности пены. При более упорядоченной структуре происходит лучшее механическое задержание загрязнений, а за счет лучшего удержания связующего – и сорбционное задержание загрязнений, так как сульфат алюминия имеет хорошие сорбционные свойства.

В следующем опыте были получены и исследованы материалы на основе композиции с соотношением волокон 80 (0,40 мкм) и 20 % (0,65 мкм) и концентрации связующего 10 и 20 %. Как и в предыдущем случае, при увеличении концентрации ПАВ возрастает прочность и уменьшается сопротивление воздуху. Кроме того, полученный материал имеет низкий коэффициент проницаемости, что делает его пригодным для очистки сверхгазовоздушных сред при прочности 530 кПа, сопротивлении потоку воздуха 3,6 мм вод. ст., коэффициенте проницаемости $0,1 \cdot 10^{-4} \%$.

На последнем этапе были исследованы материалы на основе базальтовых волокон, полученные как классическим, так и пенным способом формования (рис. 5), и был сделан вывод, что для материалов из базальтовых волокон при повышении концентрации связующего сохраняется тенденция к увеличению прочности и снижению капиллярной впитываемости. Особен-



Рис. 5. Зависимость прочности от способа формования (концентрация ПАВ – 1,4 мг/л): 1 – пенный способ; 2 – классический способ

но важно, что при пенном способе формования из базальтовых волокон получают более прочные материалы при тех же расходах связующего, что и в классическом способе.

Обобщая результаты исследований, можно констатировать следующее:

найжены основные факторы пенообразования и установлены их оптимальные значения, на основе которых можно разрабатывать конкретные технологические режимы получения пены;

предложена простая методика анализа основных характеристик пены, которая позволяет сравнивать и выбирать ПАВ исходя из заданных целей; установлены оптимальные характеристики пены для формования материалов пенным способом;

в пенной среде получены инновационные бумагоподобные нанокompозиты на основе стеклянных и базальтовых минеральных волокон и неорганического связующего; разработана методика их получения;

доказано, что при пенном способе формования, благодаря улучшению структуры и повышению удерживаемости связующего, улучшаются прочностные и фильтрующие характеристики материалов.

Эти выводы подтверждают перспективность пенного способа формования для промышленного применения, а также для продолжения научных исследований в этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дубовый В.К.* Связеобразование в бумагоподобных композитах на основе минеральных волокон // ЖПХ. 2005. Т. 78.

2. *Дубовый В.К., Чижов Г.И.* Создание фильтровальных материалов на основе минеральных волокон // Целлюлоза. Бумага. Картон. М., 2004.

3. *Зольников Н.А., Смолин А.С., Козулина Т.И.* «Пенный» способ формования // Исследования в области технологии бумаги и картона: Сб. науч. тр. Кудымкар: Кудымкарская типография, 1982. С. 9–13.

4. *Смолин А.С.* Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II: Производство бумаги и картона. Ч. 1: Технология производства и обработки бумаги и картона. СПб.: Политехника, 2005. 423 с.

5. *Тихомиров В.К.* Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1983. 264 с.

6. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах/К. Холмберг [и др.] / Пер с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 528 с.

Поступила 12.03. 10

A.S. Smolin, V.K. Dubovyy, D.Yu. Komarov
Saint-Petersburg State Technological University of Plant Polymers

“Foam” Technique of Papery Composites Molding

It is proved that strength and filtering characteristics of the material increase under the “foam” molding technique thanks to structure improvement and growth of cohesive retaining ability.

Keywords: mineral fiber, fiberglass, surface-active substance, “foam” technique, foam formation, dispersibility, filtering materials, polyhydroxocomplexes of aluminium, nanocomposites.

УДК 676.017

В.И. Комаров, Е.В. Дьякова, М.Н. Дмитриева

Северный (Арктический) федеральный университет

Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Северного (Арктического) федерального университета, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, член международного научного общества EUROMECH. Имеет более 400 печатных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.
Тел.: 8(8182) 21-61-82



Дьякова Елена Валентиновна родилась в 1977 г., окончила в 1999 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 40 печатных работ в области исследования свойств полуфабрикатов для производства тарного картона.
Тел.: 8(8182) 65-00-92



Дмитриева Марина Николаевна родилась в 1987 г., окончила в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, магистрант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Северного (Арктического) федерального университета. Область научных интересов – повышение потребительских свойств тароупаковочных материалов.
Тел.: 8(8182) 65-00-92



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖВОЛОКОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ВОЛОКОН В СТРУКТУРЕ БУМАГИ

Определены межволоконные силы связи при испытании на сдвиг в плоскости слоев и на отрыв в перпендикулярном плоскости листа направлении для лабораторных образцов целлюлозы высокого выхода.

Ключевые слова: межволоконные силы связи, когезионная способность, адгезионная способность, связующее, степень разработки, критическая длина волокна.

Силы связи между волокнами традиционно считаются наиболее слабым звеном структуры бумаги как капиллярно-пористого и полидисперсного материала [1, 4, 5].

Межволоконные силы связи являются совокупностью водородных связей, сил Ван-дер-Ваальса и сил трения между волокнами. Относительный вклад каждой составляющей в общее связеобразование обусловлен физико-химическими и структурно-морфологическими свойствами волокон, а также степенью их разработки. По данным исследований [4] водородные связи в отливках из хорошо размолотой целлюлозы обеспечивают примерно 75 % прочности от всех связей между волокнами, а у неразмолотых они составляют только 20 %. Остальные 25 и 80 % соответственно приходятся на

долю сил трения между сопряженными поверхностями волокон.

Известна и другая точка зрения. Стречен [6] еще в 1926 г. на основании микроскопических исследований предложил концепцию о преобладающей роли сил трения в общем связеобразовании между хорошо фибриллированными волокнами.

В целом механизм связеобразования независимо от физического или физико-химического характера формирования структуры бумаги включает процессы постепенного сближения элементов структуры за счет сил поверхностного натяжения воды, капиллярной контракции, образования межволоконных когезионных взаимодействий. Интенсивность последних зависит от количества потенциальных контактов между отдельными волокнами.

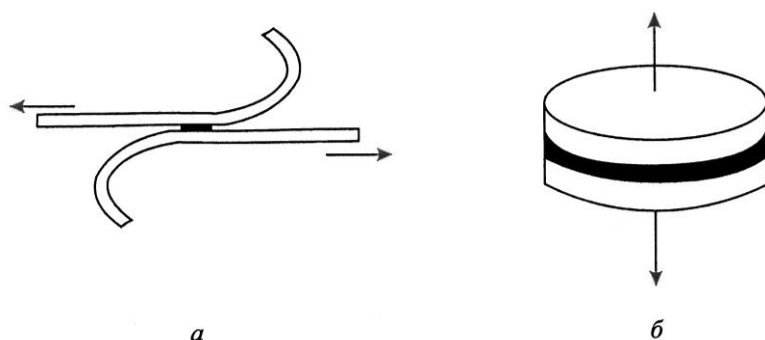


Рис. 1. Принцип измерения межволоконных сил связи при испытании на сдвиг (а) и на отрыв (б)

Поэтому с практической точки зрения расчет, а тем более строгое количественное измерение составляющих межволоконных сил связи требуют отдельного изучения и разработки новых высокоточных методов.

В практике научных исследований нашли применение методы определения суммарных сил связи независимо от их природы. Они преимущественно основаны на определении усилия разрыва двухслойных лабораторных образцов бумаги (полуфабриката) методом сдвига в плоскости слоев или методом отрыва в направлении, перпендикулярном плоскости листа (рис. 1).

Целью настоящей работы является исследование механизмов и интенсивности межволоконных взаимодействий в изотропных образцах бумаги в зависимости от структурно-морфологических характеристик волокон.

В качестве объекта исследования использовали сульфатную хвойную целлюлозу высокого выхода (ЦВВ), отличающуюся высоким содержанием всех основных химических компонентов клеточной стенки.

Для снижения влияния полидисперсности структуры лабораторных образцов на способность к связеобразованию исходную целлюлозу предварительно фракционировали по длине волокна с помощью четырехступенчатого классификатора системы Bauer McNett. Лабораторные образцы изготавливали из наибольших по массе фракций волокон ЦВВ – остатков на ситах 16 и 30 меш, которые имеют минимальную степень помола (11,0 и 11,5 °ШР), существенно отличающиеся значения средней длины волокна (3,39 и 2,31 мм) и грубости (148,7 и 77,8 мг). Характеристики исследуемых волокон представлены в табл. 1.

Для регулирования когезионной способности волокон в структуре лабораторных образцов использовали введение упрочняющей добавки (связующего) Fennobond 4000 компании «Kemira» в количестве от 2,0 до 9,5 кг/т (по товарному продукту); изменение степени разработки волокна при размоле в лабораторном ролле в диапазоне степени помола 11...48 °ШР.

Таблица 1

Структурно-морфологические характеристики основных фракций волокон сульфатной хвойной ЦВВ

Фракция волокон с сетки, меш	Средняя длина, мм	Средняя ширина, мкм	Фактор формы	Содержание мелочи, %	Грубость, мг
16	3,39	34,7	89,1	3,35	148,7
30	2,31	32,8	90,6	2,46	77,8

Образцы изготовляли двухслойными. Масса 1 м² каждого слоя составляла 100 г.

В первой серии экспериментов оценивали влияние количества упрочняющей добавки на межволоконные силы связи $F_{св}$, измеренные при испытании на сдвиг по методу С.Н. Иванова [2], и на отрыв $F_{отр}$.

Кроме того, определяли собственную прочность волокон, о которой можно судить по значению нулевой разрывной длины L_0 . Несмотря на то, что этот показатель является относительным, он вполне пригоден для сравнительной оценки изменения прочности волокон в технологических процессах производства бумаги и картона.

Известно [3, 7], что при разрушении бумажного листа наблюдаются два явления: разрыв единичных волокон и их выдергивание из структуры бумаги вследствие недостаточных межволоконных сил связи. Волокно будет разрываться в том случае, если силы, удерживающие его в структуре бумаги, окажутся больше, чем его собственная прочность. Для оценки данных явлений может быть использована интегральная характеристика фундаментальных свойств технической целлюлозы – «критическая» длина волокна $l_{кр}$:

$$\frac{l_{кр}}{d_b} = \frac{\sigma_{p_0} (1,54 / \rho_1)}{2F_{св} (1,54 / \rho_2)} = \frac{\sigma_{p_0} \rho_2}{2F_{св} \rho_1},$$

где d_b – ширина волокна;

σ_{p_0} , ρ_1 – разрушающее напряжение и плотность материала при испытании на растяжение и нулевом расстоянии между зажимами разрывной машины;

$F_{св}$ – адгезионная способность волокна, определяемая по методу С.Н. Иванова;

1,54 – плотность стенки целлюлозного волокна;

ρ_2 – плотность материала при определении межволоконных сил связи.

Указанные характеристики представлены в табл. 2 в абсолютном выражении и для удобства сопоставления проиллюстрированы на рис. 2 в относительных единицах (за исключением L_0).

Установлено существенное отличие в изменении характеристик когезионной способности волокон в структуре в зависимости от особенностей свойств волокнистых фракций и принципа нагружения образцов при испытаниях – на сдвиг или на отрыв. Когезионная способность по методу С.Н. Иванова при увеличении расхода упрочняющей добавки возрастает в 1,6–2,6 раза, ее значения характеризуются выраженными максимумами в диапазоне расхода реагента от 3,5 до 6,5 кг/т для двух исследованных фракций волокон. Дальнейшее увеличение количества добавки приводит к понижению $F_{св}$ на 19...25 %. По-видимому, в результате сушки образцов на поверхности волокна адсорбируется избыточное количество катионного высокомолекулярного полимера, происходит образование прослоек между отдельными участками волокон, что приводит к снижению количества прямых когезионных контактов, которое не компенсируется потенциальным ростом адгезионных связей.

Прочность связей на отрыв для фракции 16 меш имеет практически линейную зависимость от расхода упрочняющей добавки и возрастает на 33 %. Для фракции 30 меш значения $F_{отр}$ достигают максимума при расходе связующего 3,5...5,0 кг/т, прирост в этом случае составляет около 50 %.

Отметим, что абсолютные значения характеристик когезионной способности при испытаниях на сдвиг и отрыв отличаются на 1-2 порядка.

Таблица 2

**Влияние расхода связующего на свойства волокон
грубых фракций сульфатной хвойной ЦВВ**

Фракция волокон с сетки, меш	Степень помола, °ШР	Расход связующего, кг/т	$F_{св}$, МПа	$F_{отр}$, МПа	L_0 , м	$l_{кр}$, мм
16	11,0	0	0,480	0,030	13900	3,04
		2,0	0,731	0,030	14500	1,70
		3,5	1,169	0,036	13750	1,09
		5,0	1,219	0,036	13900	0,87
		6,5	1,253	0,037	14650	0,94
		8,0	0,952	0,039	13950	1,18
		9,5	0,944	0,040	13350	1,16
		0	0,878	0,026	14500	1,63
30	11,5	2,0	1,168	0,031	14600	1,27
		3,5	1,389	0,039	14750	1,11
		5,0	1,378	0,037	14850	1,08
		6,5	1,180	0,036	14700	1,32
		8,0	1,113	0,032	14150	1,23
		9,5	1,107	0,031	13700	1,07

Очевидно, что в первом случае суммарная когезионная способность в большей степени обусловлена различными ее составляющими: водородными связями, силами поверхностного трения, электростатическими взаимодействиями. При испытании на отрыв, по-видимому, удастся зафиксировать лишь некоторую часть от общего количества межволоконных связей в плоскости соединения слоев, а вклад сил трения практически отсутствует.

Характер изменения критической длины волокна при увеличении добавки связующего и соответствующего поведения межволоконных сил

отличается для исследованных фракций ЦВВ. Критическая длина волокон менее грубой и короткой фракции (30 меш) прямолинейно снижается на 0,50 мм в исследованном диапазоне изменения количества связующего. Для образцов, изготовленных из фракции более грубых и длинных волокон (16 меш) критическая длина достигает минимального значения уже при расходе связующего 3,5 кг/т, а затем остается практически неизменной. При этом максимальное снижение $l_{кр}$ составило более 2,00 мм.

Таким образом, применительно к более грубым, длинным и менее разработанным волокнам использование

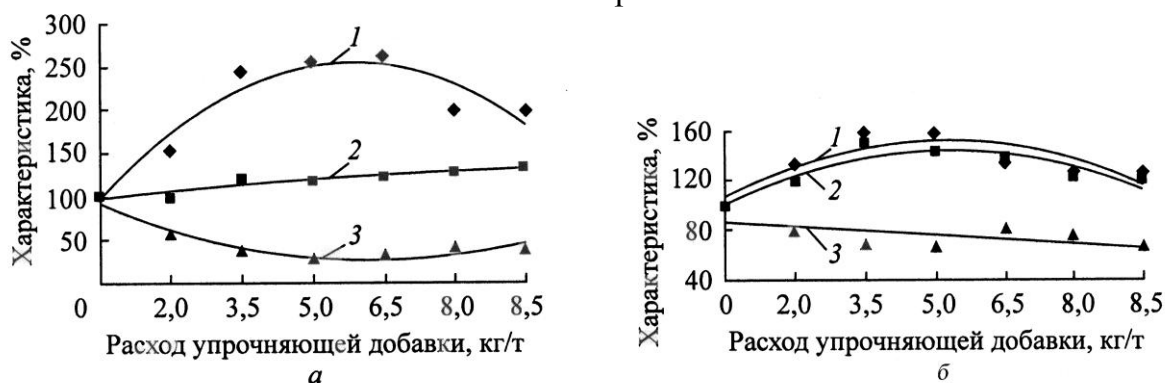


Рис. 2. Зависимость фундаментальных характеристик волокон сульфатной хвойной ЦВВ фракций 16 (а) и 30 меш (б) от расхода упрочняющей добавки: 1 – $F_{св}$; 2 – $F_{отр}$; 3 – $l_{кр}$

Таблица 3

Фракционный состав волокон сульфатной хвойной ЦВВ

Фракция волокон с сетки, меш	Доля волокон в классах по длине, мм														
	0,20... 0,50	0,50... 0,75	0,75... 1,00	1,00... 1,25	1,25... 1,50	1,50... 1,75	1,75... 2,00	2,00... 2,25	2,25... 2,50	2,50... 2,75	2,75... 3,00	3,00... 3,50	3,50... 4,00	4,00... 5,00	5,00... 7,50
16	0,002	0,002	0,002	0,003	0,006	0,011	0,016	0,028	0,074	0,114	0,098	0,273	0,215	0,144	0,013
30	0,006	0,007	0,012	0,030	0,098	0,149	0,114	0,115	0,156	0,116	0,060	0,085	0,034	0,015	0,002

упрочняющей добавки и, как следствие, повышение межволоконных сил связей, дает больший эффект с точки зрения их закрепления и предотвращения выдергивания волокон из структуры бумаги на линии разрыва.

Другими словами, с учетом интегрального характера $l_{кр}$ при разрыве образцов, изготовленных из фракции ЦВВ 16 меш без использования связующего, практически все волокна длиной менее 3,04 мм должны выдергиваться из структуры бумаги на линии разрушения. Добавка связующего в количестве 5,0...6,5 кг/т приводит к принципиальному изменению механизма разрушения образцов. Преимущественно выдергиваться из структуры должны волокна длиной менее 0,90 мм,

содержание которых во фракции составляет около 0,8 %. Следует особо подчеркнуть, что при этом собственная прочность волокон L_0 остается на одном уровне.

Подобное изменение механизма разрушения структуры проявляется и для образцов, изготовленных из фракции ЦВВ 30 меш. Однако в силу того, что волокна имеют меньшую среднюю длину, ширину и грубость, их когезионная способность изначально выше. Поэтому при разрушении образцов должен быть характерен разрыв единичных волокон с длиной более 1,63 мм. Содержание таких волокон по результатам измерений составляет около 70 % (табл. 3).

Таблица 4

Влияние степени помола на структурно-морфологические характеристики волокон сульфатной хвойной ЦВВ

Степень помола, °ШР	Средняя длина, мм	Средняя ширина, мкм	Фактор формы	Содержание мелочи, %	Грубость, мг
11	3,39	34,7	89,1	0,33	148,7
18	2,84	37,5	88,0	1,33	84,8
28	2,63	37,3	87,2	2,37	80,8
38	2,54	36,9	87,8	2,75	88,5
48	2,45	36,9	87,2	3,37	79,2

Усиление адгезионного взаимодействия между элементами структуры за счет добавки связующего в количестве 5,0...6,5 кг/т сопровождается увеличением потенциально разрушающихся на линии разрыва волокон до 85 %.

Кроме того, указанные расходы связующего практически нивелируют исходные различия в свойствах волокон ЦВВ фракций 16 и 30 меш, по-

скольку значения $l_{кр}$ становятся близкими (0,90...1,10 мм).

Результаты второй серии экспериментов (табл. 4–6, рис. 3) дают представление как о влиянии на характеристики межволоконных взаимодействий степени разработки волокон, так и о совместном влиянии размола и добавки связующего. При этом для анализа были использованы данные, полученные для самой грубой фракции ЦВВ – 16 меш.

Таблица 5

Влияние степени разработки волокон сульфатной хвойной ЦВВ на фракционный состав по длине

Фракция волокон с сетки, меш	Доля волокон в классах по длине, мм														
	0,20...0,50	0,50...0,75	0,75...1,00	1,00...1,25	1,25...1,50	1,50...1,75	1,75...2,00	2,00...2,25	2,25...2,50	2,50...2,75	2,75...3,00	3,00...3,50	3,50...4,00	4,00...5,00	5,00...7,50
11	0,002	0,002	0,002	0,003	0,006	0,011	0,016	0,028	0,074	0,114	0,098	0,273	0,215	0,144	0,013
18	0,023	0,028	0,022	0,024	0,038	0,049	0,042	0,050	0,093	0,113	0,078	0,195	0,136	0,097	0,013
28	0,042	0,045	0,033	0,033	0,050	0,055	0,044	0,054	0,091	0,106	0,070	0,167	0,118	0,081	0,014
38	0,050	0,091	0,129	0,129	0,045	0,059	0,049	0,054	0,095	0,105	0,072	0,159	0,107	0,071	0,011
48	0,059	0,054	0,039	0,038	0,057	0,065	0,050	0,056	0,095	0,099	0,067	0,152	0,093	0,063	0,014

Прежде всего, следует отметить более выраженный и действенный результат влияния разработки клеточной стенки при размоле на характеристики межволоконного взаимодействия в структуре образцов по сравнению с использованием связующего. Межволоконные силы связи при испытании на сдвиг увеличиваются в 5,9 раза уже при степени помола 18 °ШР и далее непрерывно возрастают, достигая максимума в конечной точке исследованного диапазона (увеличиваются в 7,4 раза). Прочность связей на отрыв, оставаясь в абсолютном выражении на 1-2 порядка ниже, чем $F_{св}$, также резко возрастает (в 1,9 раза) и достигает максимума при 18 °ШР. Дальнейшее повышение степени помола приводит к постепенному снижению $F_{отр}$ до 0,041 МПа, что соответствует уровню этого показателя при использовании 9,5 кг/т связующего.

Таким образом, начальная разработка грубых волокон ЦВВ при размоле, сопровождающаяся фибриллизацией, увеличением гибкости и появлением мелкой фракции, способствует увеличению когезионных взаимодействий в плоскости соединения слоев и усиливает прочность связей на отрыв по сравнению с использованием связующего реагента.

Эффект усиления когезионной способности волокон при разработке клеточной стенки более ярко проявляется и в отношении критической длины волокна. Их способность удерживаться в структуре бумаги за счет когезионной составляющей резко возрастает уже при достижении степени помола 18 °ШР, при которой разрыв должен быть характерен для единичных волокон длиной более 0,65 мм. Их процент составляет 5,1.

В случае адгезионного механизма увеличения межволоконных взаимодействий подобного снижения $l_{кр}$ не наблюдается.

Таблица 6

**Влияние степени помола и расхода связующего
на свойства волокон грубой фракции* сульфатной хвойной ЦВВ**

Расход связующего, кг/т	Степень помола, °ШР	$F_{св}$, МПа	$F_{отр}$, МПа	L_0 , м	$l_{кр}$, мм
0	11	0,480	0,030	13900	3,04
	18	2,838	0,057	14300	0,65
	28	2,920	0,051	13900	0,66
	38	2,972	0,049	14100	0,88
	48	3,569	0,041	14200	0,82
3,5	11	1,169	0,036	13750	1,09
	18	3,137	0,051	15750	0,61
	28	3,615	0,064	14100	0,72
	38	3,666	0,067	14500	0,73
	48	3,646	0,050	13600	0,57
6,5	11	1,253	0,037	14650	0,94
	18	4,866	0,062	12900	0,37
	28	4,893	0,060	13550	0,37
	38	5,307	0,067	14550	0,51
	48	3,805	0,055	13700	0,87

* Фракция волокон с сетки 16 меш.

Наряду с этим необходимо отметить, что дальнейшая разработка грубых волокон ЦВВ (более 28 °ШР) приводит к повышению $l_{кр}$ на 0,15...0,20 мм. Это обусловлено неизбежным накоплением мелкой фракции волокон в массе.

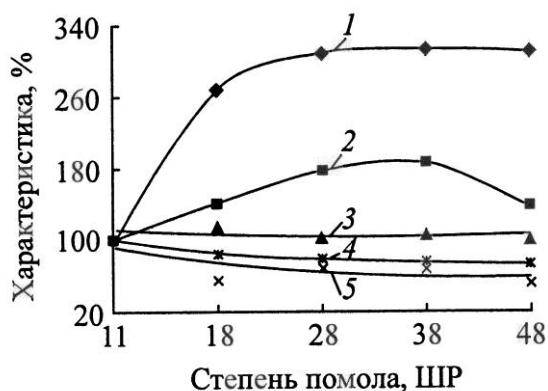


Рис. 3. Зависимость фундаментальных характеристик волокон сульфатной хвойной ЦВВ (остаток на сите 16 меш) от степени помола при расходе связующего 3,5 кг/т: 1 — $F_{св}$; 2 — $F_{отр}$; 3 — L_0 ; 4 — $l_{ср}$; 5 — $l_{кр}$

Анализ совместного влияния разработки волокна (усиление когезионных взаимодействий) и добавки связующего (адгезионная составляющая

межволоконных сил связи) показал, что при тех же условиях размол в совокупности с добавкой 3,5 и 6,5 кг/т первая составляющая вносит преимущественный вклад в общее связеобразование. При этом тенденции изменения $F_{св}$, $F_{отр}$ и $l_{кр}$, отмеченные применительно к одному фактору — размолу, в целом сохраняются.

Таким образом, лабораторные исследования межволоконных взаимодействий в структуре бумаги, основанные на измерении сдвиговых усилий и усилий отрыва, возникающих в плоскости контакта двух равнозначных слоев, а также расчет интегральной характеристики фундаментальных свойств — критической длины волокна, позволили установить следующее.

Абсолютные значения характеристик межволоконных взаимодействий при испытаниях на сдвиг и отрыв отличаются более чем на порядок. Это обусловлено различными механизмами взаимодействия волокон в структуре и вкладами отдельных составляющих межволоконных связей. В испытаниях на отрыв фиксируется лишь часть

межволоконных связей в плоскости соединения слоев без учета сил трения. При испытаниях на сдвиг, помимо когезионной и адгезионной составляющих, суммарное межволоконное взаимодействие обусловлено силами поверхностного трения и другими возможными составляющим.

По результатам определения критической длины волокна возможна оценка механизма поведения волокон на линии разрыва, в том числе определение доли волокон, способных либо сохранять целостность, либо разрушаться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов С.Н.* Технология бумаги. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 696 с.
2. *Кларк Д.* Технология целлюлозы. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 456 с.
3. *Комаров В.И.* Критическая длина волокна – фактор, определяющий деформативность и прочность целлюлозно-бумажных материалов // Лесн. журн. 1993. № 4. С. 79–83. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Фляте Д.М.* Свойства бумаги. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 680 с.
5. *Фролов М.В.* Структурная механика бумаги. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 272 с.
6. *Strachn J.* // BP & BMA, Tech. Sec. Proc., 6: 139, (1926); *ibid.*, 13:61, (1932); *ibid.*, 14:447, (1933).
7. *Van den Akker J.A.* Some theoretical considerations on the mechanical properties of fibrous structure // Formation and structure of paper. London, 1962. P. 205–241.

Поступила 22.12.10

V.I. Komarov, E.V. Diakova, M.N. Dmitrieva
Northern (Arctic) Federal University

Investigation of Interfibrillar Interaction in Paper Structure

Interfibrillar binding forces are determined for the laboratory samples of high-yield pulp under the shearing test in the layers plane and tear test in the perpendicular plane of a direction sheet.

Keywords: interfibrillar binding force, cohesion ability, adhesion ability, cohesive, development degree, critical fiber length.

УДК 676.012.1-50

В.П. Сиваков, И. А. Партин

Уральский государственный лесотехнический университет

Сиваков Валерий Павлович родился в 1942 г., окончил в 1971 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, декан лесомеханического факультета Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 200 печатных работ в области технической диагностики и виброзащиты оборудования лесопромышленного комплекса.

E-mail: sivakov@usfeu.ru



Партин Илья Александрович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Уральский государственный лесотехнический университет, старший преподаватель УГЛТУ. Имеет 15 печатных работ в области технической диагностики и виброзащиты оборудования лесопромышленного комплекса.

E-mail: metod@usfeu.ru



ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПИТАТЕЛЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫГРУЗКЕ

Дано научное обоснование и произведен расчет собственной частоты вибрации суспензии в период выравнивания давлений в питателе при коммутации.

Ключевые слова: питатель, суспензия, коммутация, вибрация, частота.

В целлюлозно-бумажном производстве сырье питателем высокого давления из питательной трубы в тракт загрузочной циркуляции варочного котла перегружается со значительными

изменениями гидромодуля суспензии и давления. Суспензия из щепы и щелока совершает в питателе высокого давления (рис. 1) два движения: поступательное относительно ротора и вра-

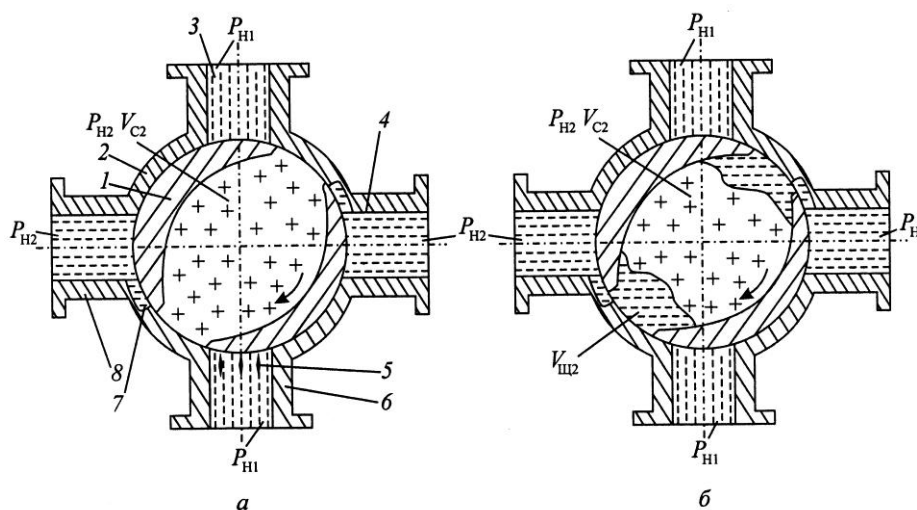


Рис. 1. Схемы положения канала ротора питателя высокого давления при коммутации с патрубками выгрузки суспензии: *а* – перед коммутацией; *б* – при коммутации; 1 – ротор, 2 – корпус питателя высокого давления; 3, 6 – патрубки подачи суспензии и отвода щелока низкого давления соответственно; 7 – дроссельная проточка; 4, 8 – патрубки подачи щелока высокого давления и выгрузки суспензии соответственно; P_{H1} , P_{H2} – суспензия и щелок низкого и высокого давления соответственно; V_{C1} , V_{C2} – объемы суспензии в канале ротора до и при коммутации соответственно; $\Delta V_{Щ2}$ – дополнительный объем щелока, поступающего в канал ротора

щательное вместе с ротором. Процесс перехода суспензии от одного вида движения к другому называется коммутацией. Коммутация происходит при быстром сообщении канала ротора, заполненного суспензией низкого давления, с трубопроводом, заполненным суспензией высокого давления, а также при прохождении процесса в противоположном направлении. В момент сообщения канала ротора с суспензией низкого давления и трубопровода с суспензией высокого давления возникает большой (1,0...1,2 МПа) перепад давления, который выравнивается за счет движения суспензии из трубопровода в канал ротора. Суспензию из щепы и щелока нельзя рассматривать как идеальную жидкость. Пульсации давления, действующие на герметизированный объем суспензии, приводят к ее деформации в виде расширения–сжатия. Выравнивание давления при деформации герметизированного объема суспензии сопровождается интенсивными колебаниями питателя высокого давления и трубопроводов.

Цель нашей работы – исследование расчетной модели колебания суспензии в системе «нагнетательный трубопровод – дроссельный канал – замкнутый канал ротора» с учетом переходных процессов.

Представим загрузочный патрубок 1 (рис. 2) (патрубок нагнетания) в виде большой камеры (объем V_2 и давление P_2), а замкнутый канал ротора 2 – в виде меньшей камеры (V_1 и P_1), которые соединены дроссельным каналом 3.

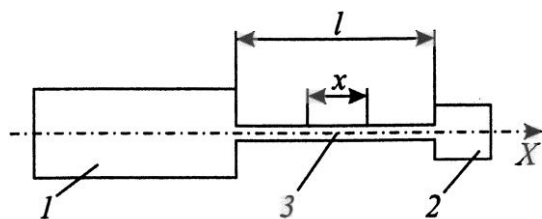


Рис. 2. Расчетная схема питателя высокого давления с дроссельным каналом

Примем диаметр дроссельного канала значительно меньшим его длины. При перемещении суспензии из полости V_2 в канал ротора V_1 происходят гидравлические потери при резком сужении струи суспензии, входящей в дроссельный канал, и при расширении струи суспензии, выходящей из дроссельного канала в канал ротора. В каждом из гидравлических сопротивлений теряется часть начального давления, действующего в патрубке нагнетания. После выхода из последнего сопротивления струя суспензии имеет существенно меньшее давление. Это приводит к пропорциональному снижению силы, действующей на суспензию в канале ротора, и уменьшению объемной деформации суспензии. Чем больше сопротивлений между нагнетательным патрубком и каналом ротора, тем больше энергии струи суспензии при этом рассеивается. Идеальным можно считать дроссельный канал, поглощающий всю энергию струи суспензии, перетекающей из патрубка нагнетания в канал ротора, что исключает обратное движение струи из канала ротора в патрубок нагнетания. Отсутствие обратного движения суспензии сокращает продолжительность колебательного процесса, а значит, снижает вибрацию и шум питателя высокого давления.

Представим, что на элементарной длине дроссельного канала $dl = 1$ площадью поперечного сечения S имеется объем жидкости массой M . Элементарный объем жидкости под действием разности давлений ($P_2 - P_1$) переместится на x вправо, что соответствует сжатию объема V_1 на $\Delta V = Sx$.

Рассмотрим переходный процесс для случая, когда в суспензии отсутствует газовая фаза, $m = 0$. Запишем выражение, показывающее на какую

величину повысится давление в объеме V_1 канала ротора:

$$\Delta P_1 = \frac{Sx}{V_1} E_c, \quad (1)$$

где E_c – модуль упругости суспензии.

Соответственно давление в патрубке нагнетания объемом V_2 уменьшится:

$$\Delta P_2 = - \frac{Sx}{V_2} E_c. \quad (2)$$

Здесь знак минус означает, что в объеме V_2 происходит понижение давления.

При колебаниях массы суспензии между камерами V_2 и V_1 имеет место следующее соотношение:

$$\Delta P_1 / \Delta P_2 = - V_2 / V_1, \quad (3)$$

т.е. изменение давления в камерах обратно пропорционально их объемам.

Из соотношений (1) и (2) следует, что в положительном направлении оси X на содержащуюся в дроссельном канале 3 суспензию массой

$$M = \rho Sl \quad (4)$$

действует сила упругости

$$\begin{aligned} F &= S(1/V_1 + 1/V_2)E_c Sx = \\ &= \frac{S^2 E_c}{V_1} (1 + V_1/V_2)x. \end{aligned} \quad (5)$$

Обозначим

$$(S^2 E_c / V_1)(1 + V_1/V_2) = C = \text{const}. \quad (6)$$

Перепишем (5) в виде

$$F = Cx, \quad (7)$$

где C имеет размерность коэффициента жесткости пружины, Н/м.

Продолжив аналогию с пружинной можно считать, что масса M суспензии после выхода из состояния покоя колеблется относительно положения равновесия с частотой

$$\omega_0 = \sqrt{C/M}. \quad (8)$$

Следовательно, собственная частота массы M суспензии, колеблющейся около положения равновесия между обеими камерами,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{(S^2 E_c / V_1 \rho Sl)(1 + V_1/V_2)}. \quad (9)$$

С учетом скорости распространения звука в жидкости

$$v^2 = E_c / \rho, \quad (10)$$

а также того, что $V_1 \ll V_2$ запишем формулу (9) в следующем виде:

$$f_0 = v / 2\pi \sqrt{S/(V_1 l)}. \quad (11)$$

Из формулы (11) следует, что частота колебаний суспензии в дроссельном канале тем выше, чем меньше объем V_1 замкнутого канала ротора и длина l , а также больше диаметр поперечного сечения дроссельного канала.

Определим пределы изменения собственной частоты колебаний суспензии в режиме коммутации между каналом ротора и трубопроводом нагнетателя. Для типовых питателей высокого давления установок непрерывной варки целлюлозы при $v = 1200 \dots 1457$ м/с; $S = 0,00039 \dots 0,0006$ м²; $V_1 = 0,0645 \dots 0,25$ м³; $l = 0,03 \dots 0,08$ м имеем $f_0^{\min} = 43,6$ Гц и $f_0^{\max} = 79,0$ Гц.

В общем случае собственная частота колебаний суспензии не постоянна из-за того, что объем канал ротора V_1 перемещается относительно нагнетательного патрубка объемом V_2 . Следовательно, суспензия колеблется между камерами V_1 и V_2 не с постоянной частотой, а квазипериодически. По этой причине колебания давления в суспензии охватывают широкую полосу частот, а вибрация питателя высокого давления при коммутации сопровождается шумом.

Рассмотрим равновесие массы суспензии, расположенной в дроссельном канале 3, в произвольный момент времени относительно оси X . Наряду с силой упругости, выражения (5) и (7) для которой получены выше, на массу суспензии в дроссельном канале действуют также силы инерции и трения (диссипативная сила, пропорциональная скорости колеблющейся суспензии).

Для упрощения расчетов принимаем, что сила тяжести от массы суспензии, расположенной в дроссельном

канале, в проекции на ось X равна нулю. Дифференциальное уравнение равновесия собственных колебаний примет следующий вид:

$$M \ddot{X} + q \dot{X} + Cx = 0, \quad (12)$$

где q – коэффициент демпфирования, кг/с.

Поделив все значения (12) на массу M , получим

$$\ddot{X} + 2u \dot{X} + \omega_0^2 x = 0. \quad (13)$$

Здесь $q/M = 2u$; $C/M = \omega_0^2$.

По общему правилу интегрирования однородных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами [2] производим интегрирование уравнения (13).

Составляем характеристическое уравнение

$$z^2 + 2uz + \omega_0^2 = 0$$

и находим его корни:

$$z_1 = u + \sqrt{u^2 - \omega_0^2}; \quad z_2 = u - \sqrt{u^2 - \omega_0^2}.$$

Общее решение уравнения (13) имеет вид

$$X = \exp(-ut)(C_1 \cos \sqrt{\omega_0^2 - u^2}t + C_2 \sin \sqrt{\omega_0^2 - u^2}t), \quad (14)$$

где C_1 и C_2 – произвольные постоянные.

В теории колебаний [1] в зависимости от соотношения между u и ω_0 рассматривают два варианта решения (14): $u < \omega_0$ – «малое» сопротивление; $u \geq \omega_0$ – «большое» сопротивление.

Первый случай ($u < \omega_0$) графически изображается синусоидой с уменьшающейся амплитудой, величина которой зависит от коэффициента затухания. В этом случае колебание массы суспензии в дроссельном канале в течение определенного времени сохраняется, следовательно, вибрация питателя высокого давления снижается незначительно.

Второй случай ($u \geq \omega_0$) характеризуется аperiodическим движением

(рис. 3), поскольку возмущенное движение массы суспензии в дроссельном канале не будет колебательным. После начального толчка колеблющаяся масса асимптотически приближается к невозмущенному равновесному состоянию.

Уравнивание давления происходит со значительным увеличением амплитуды давления в начальный период процесса. Кроме того, колебания давления между патрубком нагнетания и каналом ротора происходят более интенсивно.

Колебания суспензии в дроссельном канале, как и в большинстве встречающихся в технике случаев гидравлических колебаний, происходят с малым сопротивлением. Для увеличения и регулирования сопротивления в колебательный контур дроссельного канала следует вводить специальный демпфер [3], снижающий амплитуду и время колебаний суспензии.

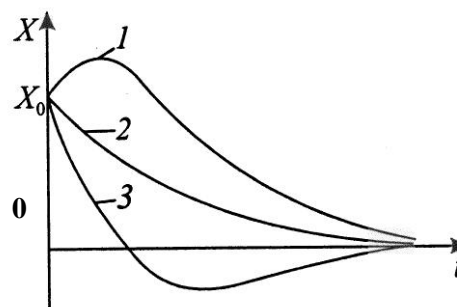


Рис. 3. Характерные графики аperiodического движения системы к равновесному состоянию: 1 – при $0,1 < \omega/u \leq 0,4$; 2 – при $0,5 < \omega/u \leq 1,0$; 3 – при $1,0 < \omega/u$

Для эффективного снижения вибрации питателя высокого давления от коммутационного процесса следует применять конструкции дроссельных каналов, работающих с аperiodическим выравниванием давлений между камерами V_2 и V_1 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабаков И.М.* Теория колебаний. М.: Наука, 1975. 384 с.
2. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1984. 831с.
3. Пат 55374 РФ. Питатель высокого давления / В.П. Сиваков, И.А. Партин [и др.] (Россия). № 2006106369/22; заявл. 28.02.2006; опубл. 10.08.2006, Бюл. № 22.

V.P. Sivakov, I.A. Partin
Ural State Forest Engineering University

Under Dynamic Processes in High-pressure Feeder Unloading

The scientific justification and natural frequency calculation for suspension vibration are provided in the period of pressure equalization in the feeder under switching.

Keywords: feeder, suspension, commutation, vibration, frequency.

Поступила 16.04.10



УДК 630*624

Ю.М. Ромашов

ОАО «Росгипролес»

Ромашов Юрий Михайлович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Новосибирский государственный университет, руководитель Научно-производственного центра ОАО «Росгипролес». Имеет 3 печатные работы в области экономики и управления лесным хозяйством.
E-mail: yromashov@rambler.ru



МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ЛЕСНЫХ ПЛАНОВ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На основе критического анализа первого опыта разработки лесных планов в субъектах РФ рассмотрены методологические вопросы перспективного планирования развития лесного комплекса на региональном уровне в условиях децентрализации управления в лесном хозяйстве и использования лесных участков арендаторами.

Ключевые слова: лесной план, лесное хозяйство, устойчивое управление лесами, Лесной кодекс, лесоустройство.

В принятом в 2006 г. Лесном кодексе Российской Федерации заложены основы современной системы управления лесным хозяйством [3]. В ходе реформ стало очевидно, что контуры новой системы лесных отношений недостаточно проработаны, ее составные части слабо увязаны друг с другом и особенностями воспроизводственного цикла в лесном хозяйстве. Эти недостатки наглядно проявились при разработке первых лесных планов субъектов РФ в 2008 г.

В новой системе лесных отношений лесные планы являются составной частью комплекса программных документов, определяющих перспективное развитие отрасли. К ним относятся: «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г.» [11] (далее – стратегия) – на федеральном уровне, лесные планы и лесохозяйственные регламенты – в субъектах РФ, проекты освоения лесов – на арендованных лесных участках. Соответственно в той мере, в какой достигнута согласованность целей, задач и способов их решения на

разных уровнях лесного планирования, будет обеспечиваться эффективность всей системы управления лесным хозяйством. Рассмотрим более детально особенности современной трехуровневой системы стратегического лесного планирования.

1. Лесное планирование в новой структуре управления лесным хозяйством. Лесное планирование определяется в Лесном кодексе как «основа освоения лесов, расположенных в границах лесничеств и лесопарков» (ЛК РФ. Ст. 85, ч. 2). Территорией лесного планирования является субъект Российской Федерации, а его органы исполнительной власти наделены полномочиями по лесоуправлению на землях лесного фонда.

В число переданных на уровень регионов полномочий входит разработка и утверждение лесных планов субъектов, лесохозяйственных регламентов лесничеств, а также проведение государственной экспертизы проектов освоения лесов арендаторами. Однако опыт разработки первых лесных планов показывает недостаточную методологи-

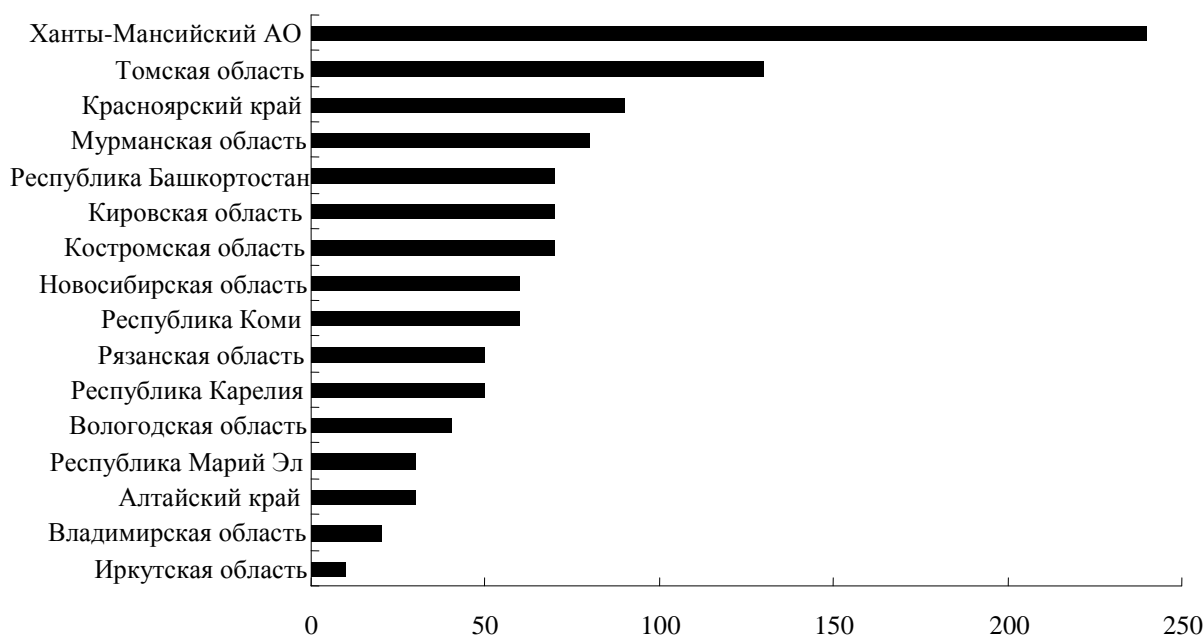


Рис. 1. Темпы роста объемов заготовки древесины, %, предусмотренные лесными планами субъектов РФ на период 2009–2018 гг.

ческую проработанность вопросов их применения в условиях многоуровневого управления.

Если нет диалога, согласование приоритетов и целевых показателей долгосрочного развития на разных уровнях управления становится формальной процедурой и не соответствует реальным интересам участников лесных отношений. Примером чисто формального единства целевых установок федеральных органов власти и лесной стратегии регионов является ситуация, складывающаяся с приоритетными инвестиционными проектами в области освоения лесов. Так, стратегическая линия развития лесного комплекса страны связана, главным образом, с поддержкой таких проектов [8]. При этом для ее реализации использованы и «кнут» в виде поэтапного повышения экспортных пошлин на необработанную древесину, и «пряник» в форме внеконкурсного предоставления значительных лесных массивов под крупные проекты по льготной 50 %-й ставке арендной платы.

Активная поддержка органами власти субъектов РФ заявок частных

компаний на льготные условия использования лесных ресурсов* объясняется стремлением в условиях дефицита регионального лесного бюджета переложить хлопотную заботу о лесах на арендаторов. Такая стратегия не учитывает будущих рисков, связанных с возможным неисполнением приоритетными инвесторами обязательств по созданию и модернизации объектов лесной инфраструктуры, осуществлению необходимых по лесоводственным требованиям объемов мероприятий по уходу за лесами и лесовосстановлению.

Следует также отметить преобладание в стратегиях регионов сырьевого подхода к лесным ресурсам. Оно нашло выражение в амбициозных установках на резкое увеличение объемов заготовки древесины за десятилетний период в большинстве регионов (рис. 1). При этом в ряде регионов уже на 2009 г. закладывался существенный рост заготовки (например,

* В 2008–2009 гг. в перечень приоритетных было включено 77 проектов с заявленным объемом заготовки и использования древесины более 70 млн м³, что составляет примерно 52 % общего объема заготовки древесины в 2009 г.

в Иркутской области 45,2 % по отношению к 2007 г.). Однако такие «плановые показатели» не согласуются ни с тенденцией снижения лесозаготовок в последние годы, ни с планируемыми на перспективу инвестициями в развитие лесной инфраструктуры.

Региональные лесные планы формировались «от желаемого», без учета реальных интересов частных компаний, взявших в аренду к концу 2009 г. около 119 млн га на срок от 10 до 49 лет при общей площади лесов РФ, возможных для эксплуатации, 345,5 млн га. В условиях, когда аренда лесных ресурсов становится преобладающей, лесное планирование не может осуществляться в отрыве от разработки бизнес-планов по освоению лесов арендаторами лесных участков и должно обеспечивать, как минимум, их координацию.

В свою очередь, представители лесного бизнеса не использовали возможности участия в разработке региональных лесных планов для достижения баланса интересов по вертикали лесных отношений. В результате в лесных планах отсутствует анализ соответствия сырьевых баз проектам увеличения мощностей лесопереработки, производственных цепочек внутри региона, прогноз конкурентного распределения рынков сбыта. Поэтому содержание лесопромышленного раздела лесных планов отличается необоснованным оптимизмом в части расширения сырьевой базы, которая не учитывает высокую степень истощенности эксплуатационных лесов [1]. Не нашел решения в лесных планах субъектов РФ достаточно острый и не урегулированный с правовой и экономической точек зрения вопрос о возложении на арендаторов всех расходов по охране, защите и воспроизводству лесов, находящихся в государственной собственности.

Практически никакого интереса к лесному планированию не проявили жители лесных поселков, организации, представляющие интересы коренных народов, союзы охотников, не говоря уже о сборщиках грибов и ягод, туристах и других связанных с лесом социальных группах населения регионов. Здесь можно отметить низкую информированность «неофициальных» участников лесных отношений. Пожалуй, лишь независимые экологические организации максимально использовали возможности, предоставляемые открытой процедурой формирования лесного плана. Так, природоохранная организация «СПОК» добилась от Министерства лесного комплекса Республики Карелия сохранения в лесном плане всех существующих и большинства проектируемых особо охраняемых природных территорий.

Учитывая отмеченные противоречия, скрытые в региональных лесных планах, можно предположить, что дальнейшее развитие лесных отношений в направлении децентрализации будет предусматривать, в первую очередь, согласование интересов всех его участников. Соответственно совершенствование методологии лесного планирования должно в значительной мере быть направлено на улучшение не состава показателей лесного плана в направлении усиления контроля Рослесхоза за исполнением органами власти субъектов РФ переданных им полномочий [10], а процедур оформления интересов участников лесных отношений и принятия согласованных решений.

2. Современные методы лесного планирования и лесоустройство. В лесном плане субъекта РФ, в первую очередь, необходимо четко выделять его прогнозную и проектную части, а также использовать соответствующие методы их разработки, ресурсного обеспечения, оценки и дальнейшего использования в практике лесохозяйственной деятельности.

К сожалению, в отношении разнообразных показателей, представленных в лесных планах субъектов РФ на период 2009–2018 гг., невозможно определить их качественную характеристику. Большинство таких показателей представляют собой ничем не обоснованные, произвольно заданные целевые установки. При этом прослеживается влияние центра на регионы. Так, обобщающая таблица лесных планов состоит из того же набора целевых прогнозных показателей, который уже использовался Рослесхозом в старой системе управления лесным хозяйством [7], а их значения на ближайшие три года, как правило, совпадают с показателями, уже утвержденными ранее Рослесхозом.

Поскольку между этими целевыми показателями, с одной стороны, и набором заложенных в лесном плане мероприятий, а также необходимым для их осуществления объемом финансирования – с другой, отсутствует структурная и подкрепленная расчетами связь, то затруднительно говорить об их отношении к проектным параметрам лесного плана. В то же время нет оснований и для отнесения этих показателей к прогнозам, поскольку не указываются определяющие их факторы и вероятностные сценарии развития будущего освоения лесов.

Неудовлетворительная обоснованность плановых цифр обуславливается низкой достоверностью исходных данных, основным источником которых для разработчиков лесных планов выступали материалы лесоустройства и государственного учета лесного фонда.

Наиболее значимым для качества этих материалов является вопрос о распределении лесов на защитные и эксплуатационные. Он же оказался и наиболее проблемным в ходе разработки лесных планов. Дело в том, что

Лесной кодекс предусматривает расширение состава защитных лесов, и, соответственно, вводятся две новые категории их защитности: расположенные на особо охраняемых природных территориях и в водоохранных зонах. По сравнению с бывшими лесами первой группы защитные леса увеличиваются за счет региональных ООПТ и части водоохранных, приходящихся на небольшие реки, озера, ручьи. Поскольку эти новые защитные леса не были запроектированы лесоустроителями, то в ряде лесных планов субъектов РФ используется старое деление на защитные и эксплуатационные леса, приводящее к завышению расчетной лесосеки. Как правило, это наблюдается в тех случаях, когда разработчиками лесных планов являлись бывшие лесоустроители – филиалы ФГУП «Рослесинфорг». В данном случае привязка лесных планов к материалам лесоустройства очевидно вступает в противоречие с целями лесного планирования.

Однако вопрос о взаимоотношении лесного плана и лесоустроительных материалов стоит гораздо шире. Сложившееся в централизованной системе хозяйства лесоустройство, по сути, было своеобразной формой лесного планирования [9] и сохранилось в таком качестве до его упразднения в 2007 г. со всеми присущими ему плюсами (детальный учет и сплошной, хотя и дифференцированный по разрядам, охват лесного фонда) и минусами (затратная таксация не вовлеченных в эксплуатацию лесов, назначение мероприятий, не обеспеченных ресурсами, недостаточная актуализация данных для принятия оперативных хозяйственных решений).

В новой децентрализованной системе управления лесным комплексом меняется структура отношений

между субъектами лесного хозяйства и функциональное значение лесоустроительной документации. Нормативные положения лесоустройства концентрируются теперь в лесохозяйственном регламенте лесничеств. Соответственно меняется информационная значимость других составляющих лесоустроительных материалов (таксационные описания лесных насаждений, запроектированные хозяйственные мероприятия).

Решения по проблемам лесоустройства, принятые на проведенной Рослесхозом в феврале 2009 г. конференции [4], представляются в большей степени попыткой вернуть старую систему лесоустройства, чем стремлением наладить формирование достоверных, пространственно привязанных и интегрируемых по уровням управления данных, доступных всем заинтересованным участникам лесных отношений. На наш взгляд, вместо ведомственной лесоустроительной инструкции, в первую очередь, необходим государственный стандарт на информацию о лесах.

Что касается механизмов финансирования лесоустройства, то здесь следует учесть международный опыт, когда государство компенсирует половину лесоустроительных затрат в частных лесах. Кроме того, в информации о границах лесных участков и лесного фонда заинтересованы различные потребители в субъектах РФ: муниципальные образования, владельцы граничащих с лесом земельных участков, распорядители линейных объектов, проходящих по территории лесного фонда. Они могут покрыть часть лесоустроительных затрат, в особенности ее наиболее дорогостоящую картографическую составляющую.

В формировании регионального лесного плана необходимо вовлечь представителей всех групп участников лесных отношений в регионе. Существ-

ственным недостатком при разработке лесных планов субъектов РФ на 2009–2018 гг. было отсутствие в регионах таких представительных комиссий, которые выступали бы постановщиком задач лесного планирования и обеспечивали всестороннюю экспертизу проектов. Организованная Рослесхозом экспертиза свелась к чисто формальной процедуре. Были упущены такие стратегические задачи, как разработка ключевых для лесной сферы балансов: древесного сырья, производства и сбыта лесобумажных товаров, лесных доходов и расходов регионов или перспективы выживания лесных поселков.

3. Лесное планирование и принципы устойчивого управления лесами. На федеральном уровне объектом стратегического управления является лесной комплекс Российской Федерации, включающий в свой состав лесное хозяйство и лесопромышленные отрасли по заготовке и переработке древесины. В стратегии предусматривается увязывать интересы лесного хозяйства и лесной промышленности [11]. Однако, делая упор на удовлетворение потребностей внутреннего рынка в лесобумажной продукции и развитие производств по глубокой переработке древесины, стратегия рассматривает лесное хозяйство лишь как «сырьевой блок», при этом ориентиром выступают показатели общего потенциала лесных ресурсов.

В субъектах РФ лесное планирование направлено в большей степени на развитие непосредственно лесного хозяйства. Соответственно в лесном плане определяются цели и задачи, мероприятия по освоению лесов, зоны такого освоения, а также мероприятия по обеспечению охраны, защиты, воспроизводства лесов и лесоразведения [6].

В экономической теории принято деление хозяйственных процессов на ведомые спросом и определяемые предложением. Динамика сырьевых рынков, в том числе лесного, традиционно формировалась вслед за спросом на лесопромышленную продукцию. В последнее время в силу ряда факторов глобального характера отношение к природным сырьевым ресурсам претерпело существенные изменения. Как реакция на эти вызовы в лесном секторе сформировалась концепция устойчивого управления лесами (УУЛ), для которой усилиями международного сообщества были разработаны соответствующие критерии и индикаторы*.

С учетом этих положений выстраивается новая система приоритетов, где на первый план выдвигается достижение и стабильное поддержание целевой динамики лесов, обеспечивающей неистощительное многоцелевое лесопользование, сохранение и повышение биологического разнообразия.

К сожалению, чисто рыночные механизмы не восприимчивы к оценке общественных благ, поэтому требуется совместными усилиями общественных организаций и органов государственного управления формировать новые факторы как на стороне спроса, так и предложения лесных ресурсов, чтобы преодолеть сложившееся отношение к лесам как источнику древесного сырья.

Международный опыт отводит лесному планированию приоритетную роль в практическом осуществлении принципов устойчивого управления лесами. Например, в качестве одной из главных приоритетных целей развития

лесного хозяйства, формулируемых в стратегических документах Евросоюза, выступает усиление вклада лесного сектора в развитие аграрных территорий, сохранение и создание там рабочих мест [12].

В России критерии и индикаторы УУЛ введены в практику управления лесным хозяйством с 1998 г., правда лишь «для дополнительного анализа деятельности государственных органов управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации» [4].

Тогда же предусматривалось «внести необходимые изменения в Инструкцию по проведению лесоустройства в лесном фонде России с целью отражения критериев и индикаторов в материалах лесоустройства» [5] (рис. 2). Однако дальше региональных управлений лесами эти критерии и индикаторы не дошли и на реальную ситуацию в лесной отрасли никакого влияния не оказали [2]. За прошедшие 10 лет реформ в лесном хозяйстве ситуация кардинальным образом не изменилась.

Как показывает европейский опыт лесного планирования, ряд проблем возникает уже в процессе перехода от доминирования лесозаготовок к многоцелевому характеру развития лесного хозяйства. Аудиторская проверка использования субсидий Евросоюза в лесное хозяйство, проведенная в 2005 г., показала, что, несмотря на декларируемую в стратегии взаимодополняемость экономических, экологических и социальных целей, на практике достижение баланса между ними сталкивается со значительными трудностями. В докладе констатируется утрата биоразнообразия, снижение экологического качества и здоровья лесов. Среди социальных аспектов отмечается снижение занятости в лесном секторе, ухудшение доступности лесов для

* Необходимость устойчивого управления лесами и поддержания биологического разнообразия получила юридическое оформление в документах, принятых на состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Конференции ООН по окружающей среде и развитию.

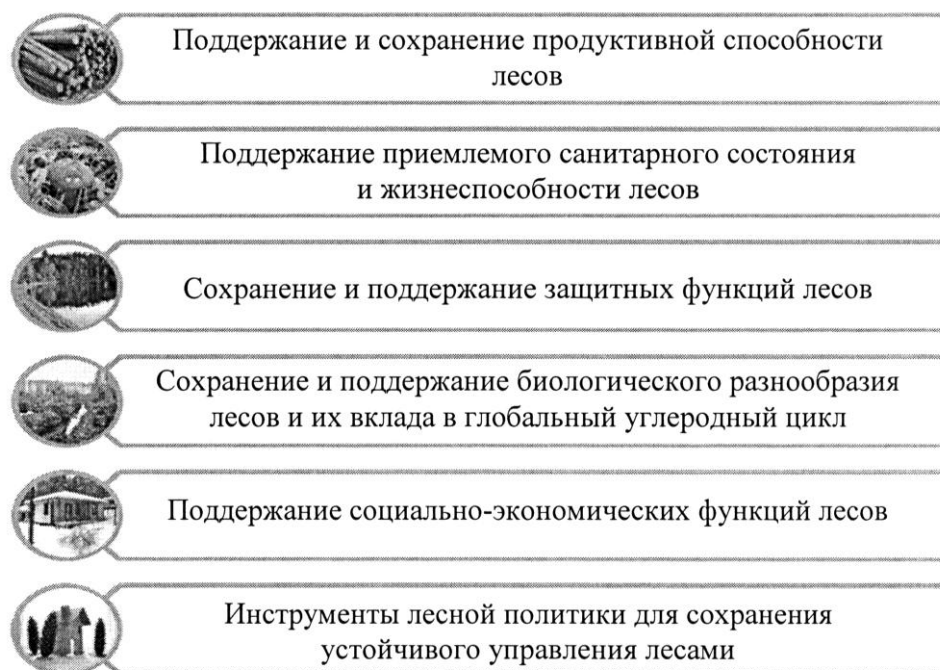


Рис. 2. Критерии УУЛ, утвержденные приказом Рослесхоза в 1998 г.

рекреации и заготовки недревесных ресурсов. Этот опыт не только подтверждает недостатки, присущие субсидированию как механизму достижения тех или иных целей, но и свидетельствует об усложнении лесного хозяйства как объекта управления при переходе к принципам УУЛ.

С учетом этого лесное планирование как составная часть новой системы управления лесами в России должно освободиться как от обслуживания централизованного распределения субвенций на лесное хозяйство, так и от давления лесопромышленного сектора, которое, как уже не раз случилось в истории лесного хозяйства, возвращало систему управления лесами к ее упрощенному варианту.

4. Пространственные объекты лесного планирования. Внедрение принципов УУЛ в практику лесных отношений означает переход к более сложному объекту управления, что выражается не только в его многоцелевой направленности, но и в более сложной пространственной организации. Традиционными пространствен-

ными объектами лесного хозяйства выступают лесничества, урочища, лесные кварталы и выделы. Границы лесничеств и кварталов носят условный характер и связаны с используемой системой управления лесным хозяйством. Лесничества выступают как низовые звенья системы управления лесным хозяйством, и их состав и границы должны формироваться на основе принципов организации эффективного управления пространственными объектами*.

К сожалению, пространственный аспект лесного хозяйства не учитывается в должной мере при принятии административных решений. Так, в Республике Карелия в 2007 г. при формировании лесничеств пошли по пути укрупнения и объединили территории ряда бывших лесхозов. Однако уже через год новое руководство Министерства лесного комплекса Карелии было вынуждено начать перекраивание

* Границы участковых лесничеств в целом сохраняются на протяжении длительного времени в неизменном виде при разных системах управления, поскольку их размеры оптимальны для выполнения классических функций лесничих.

границ для повышения эффективности управления: количество лесничеств было решено увеличить и обеспечить приведение их границ в соответствие с границами административных районов.

В ходе решения ряда задач на территории лесного фонда формируются иные пространственные образования, границы которых не совпадают с границами лесничеств. Так, при разработке программ перспективного развития лесного комплекса в субъектах РФ целесообразно выделять более крупные зоны, такие как лесоэкономические районы – территории, близкие по запасам древесины и структуре древостоя, доле защитных лесов, экономической доступности лесов, развитости лесохозяйственной инфраструктуры. Например, в лесном плане Рязанской области 19 лесничеств были сгруппированы в 3 лесоэкономических района.

Территории водосборов, ареалов обитания животных, зон произрастания редких видов растений, ландшафтные экосистемы также не совпадают с квартальной сетью или границами лесничеств. Соответственно для лесного планирования и управления лесами необходимо использовать современные инструменты, такие как геоинформационные системы (ГИС).

В настоящее время в лесном хозяйстве используются главным образом лесоустроительные ГИС. Для эффективного управления процессами использования, охраны и воспроизводства лесов на уровне субъекта РФ необходимо создать интегрированные ГИС в органах управления лесным хозяйством регионов. В управленческой ГИС субъектов РФ должны интегрироваться, как минимум, два вида пространственной информации: данные о лесных ресурсах, возможностях и ограничениях их использования, пред-

ставленные в лесохозяйственных регламентах лесничеств, лесных планах субъектов, и параметры их планируемого (фактического) применения на арендованных и свободных от аренды лесных участках.

Лесные участки возникают с развитием арендных отношений. В Лесном кодексе характеристика их правового статуса дана путем отсылки к земельному участку без учета «лесной» специфики. При этом в практике закрепления лесных участков за арендаторами возникает противоречие между возможным предоставлением одного и того же лесного участка для различных видов использования (в связи с пространственной многослойностью ресурсов) и его правовым статусом как земельного участка, у которого может быть только один арендатор. Однако действующая арендная плата дифференцирована не по интегральной ценности лесного участка, а по тому или иному виду его использования (ставки арендной платы за 1 га варьируют от 3 к. для ведения охотничьего хозяйства до 50 000 р. для осуществления рекреационной деятельности). В таких условиях предусмотренное лесными планами зонирование территории лесного фонда для обеспечения оптимального распределения лесных участков с точки зрения их многоцелевого использования оказывается не согласованным с экономическими стимулами.

В заключение можно сделать следующие выводы, связанные с дальнейшим развитием лесного планирования в субъектах РФ:

разработанные в 2008 г. лесные планы субъектов РФ содержат всестороннюю, подготовленную в едином формате информацию о лесном фонде, планируемых мероприятиях и целевых показателях развития лесного комплекса в регионах на ближайшие 10 лет.

Но без мониторинга выполнения намеченных целей эти важнейшие документы останутся не востребуемыми и не оправдают затраченных на их разработку средств;

на федеральном уровне необходим сводный лесной план РФ и сопоставление его параметров с показателями, заложенными в Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г.;

утвержденные лесные планы необходимо корректировать и совершенствовать. Для этого следует найти оптимальные решения по методологическим вопросам лесного планирования, рассмотренным в настоящей работе;

опыт разработки первых лесных планов необходимо использовать для совершенствования нормативных документов лесного планирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Леса и лесная политика России // Лесн. газ. 2008. 4 и 8 марта.
2. Ключевые критерии устойчивого лесопользования в России. Принято совещанием представителей неправительственных организаций. г. Пушкино, 2000 г. http://www.forest.ru/rus/sustainable_forestry/principles/push.html.
3. Лесной кодекс Российской Федерации: Фед. закон Рос. Федерации от 4 дек. 2006 г. № 200-ФЗ // Рос. газ. 2006. 8 дек.
4. Материалы Первой международной конференции «Проблемы лесостроительства и государственной инвентаризации лесов в России». 2-4 февраля 2009, г. Москва. <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/news/214>.
5. Об утверждении критериев и индикаторов устойчивого управления лесами Российской Федерации: Приказ Федер. службы лесн. хоз-ва от 5 февр. 1998 г. № 21. <http://www.law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1278243>.
6. Об утверждении Положения о подготовке лесного плана субъекта Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 24 апр. 2007 г. № 246 // СЗ РФ от 30 апр. 2007 г. № 18, ст. 2235.

7. Об утверждении типовой формы лесного плана субъекта Российской Федерации: Приказ МПР РФ от 16 июля. 2007 г. № 182 // Бюл. нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 8 окт. 2007 г. № 41.

8. О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов: Постановление Правительства РФ от 30 июня. 2007 г. № 419 // СЗ РФ от 23 июля. 2007 г. № 30, ст. 3935.

9. *Орлов М.М.* Лесоуправление как исполнение лесостроительного планирования. М.: ИД «Лесн. пром-сть», 2006.

10. *Петров А.П.* Лесной план субъекта федерации. Методы построения и структура плана: Материалы заседания Лесной коллегии МПР России от 03.04.2007 г. <http://les.mnr.gov.ru/part/?act=more&id=1710&pid=235>.

11. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года: утв. Приказом Минпромторга России и Минсельхоза России от 31 окт. 2008 г. № 248/482. <http://www.consultant.ru/online/base/?reg=doc;base=LAW;n=99108>.

12. Towards an Action Plan for Sustainable Forest Management. FERN submission, October 2005.

Поступила 18.06.09

Yu.M. Romashov

JS “Rosgiproles” – Russian Design-and-survey Institute for Design of Forestry Enterprises and Nature Conservation Objects

Methodological Issues of Forest Plans Development in Russian Federation Subjects

The methodological issues of perspective planning of the forest complex development at the regional level are analyzed in the conditions of decentralization of forest management and use of forest plots by leaseholders based on the critical analysis of the first experience of forest plans development for the Russian Federation subjects.

Keywords: forest plan, forestry, sustainable forest management, forest code, forest organization.

УДК 630*652.1

Г.А. Прешкин

Уральский государственный лесотехнический университет

Прешкин Герман Алексеевич родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Сибирский лесотехнический институт, в 2004 г. Уральский государственный экономический университет, кандидат технических наук, докторант УрГЭУ, доцент кафедры экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 80 печатных работ в области экономики природопользования.
E-mail: hpreshkin@usfeu.ru



АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

Рассмотрены теоретический и методологический аспекты формирования стоимости лесных ресурсов. Проанализировано влияние природных и экономических факторов при ее оценке.

Ключевые слова: лесные ресурсы, стоимость, факторы, новая экономика.

Экономическая сфера действия внутренних и внешних факторов в формировании стоимости лесных ресурсов – это многосвязная разнокачественная целостность, которая складывается из примыкающих друг к другу процессов, цепей разных размерностей. Их можно исследовать, выделяя устойчивые качественные и количественные параметры состояния элементов ценотического образования. Такое образование должно само воспроизводить условия своего существования, т. е. в основе любой качественной определенности лежит замкнутая цепь разнокачественных процессов и функций (циклов). Циклы (обороты несплошных рубок) в отличие от разомкнутых цепей (обороты сплошных рубок) способны к активному воспроизводству и поэтому могут развиваться относительно автономно и устойчиво в течение средней продолжительности жизни человека. Концепция новой экономики предопределяет сбалансированное использование всех видов природных ресурсов с их воспроизводством (естественным и искусственным) при одновременном повышении качества жизни за счет индустриализации жизненного пространства.

Экологические лесные системы отличаются многообразием не только структур (типов лесов), но и протекающих в них важнейших биотических и абиотических процессов. Речь идет о накоплении стоимости материальных потоков лесных благ и неразрывном качественном росте потенциала полезных функций лесов. В экосистеме стоимость ресурсных (материальных) потоков базируется на структурных элементах низшей размерности, на своих нижних границах (оценочная стоимость, ставки попенной платы и т. д.). Эта особенность в большей степени обусловлена внешними факторами (чаще всего транспортная составляющая, утвержденная властями методика расчета ставок, податей за экосистемные услуги лесных земель, рыночная конъюнктура и др.).

Для материальных потоков характерен тот или иной принцип сохранения массы вещества, объема, количества – это внешние проявления развития системы. Потенциалы полезных функций лесов распространяются на верхних границах ценности экосистем, образуя стоимостный экологический каркас территории, из которого затем формируются потребности. Таким об-

разом, система как бы раздваивается на материальный поток ресурсов и потенциал полезных функций лесов. Материальные потоки в целом для экономики региона формируют внутренние и внешние ограничения. Устойчивый поток доходности от использования материальных лесных благ является естественным регулятором роста «внутреннего рынка» предприятия, превращая социосистему в социальную эколого-экономическую через критерий – предельный уровень неистощительного использования природных лесных благ [10].

Чтобы не оказаться аутсайдерами на рынках лесных продуктов, крупные российские лесопользователи, в первую очередь градообразующие, для укрепления своего статуса обязаны сформировать постоянно действующую компактную лесосырьевую базу. В соответствии с Лесным кодексом РФ они имеют право постоянного (бессрочного) пользования лесными участками организованной лесосырьевой базы, чтобы стать ее законными владельцами [2].

Внутренний стратегический стимул роста экономической эффективности использования доступных и возобновляемых лесных ресурсов заключается в увеличении объемов их потребления и адекватного воспроизводства, существенном росте добавленной стоимости в стоимости лесных продуктов за счет совершенствования производственных процессов на базе современных систем машин, менеджмента, глубокой переработке исходного сырья с использованием малоотходных технологий [5]. Тогда прирост внутреннего стоимостного потенциала доходности послужит экономическим рычагом стабильности, который, наряду с другими антикризисными мероприятиями, позволит при долгосроч-

ном планировании социо-эколого-экономической деятельности предприятий плавно поднимать уровень качества жизни населения, сглаживать влияние резких колебаний внешних факторов и планомерно инвестировать отчисления из доходов от хозяйственной деятельности на мероприятия по воспроизводству лесных ресурсов, развитие дорожной транспортной инфраструктуры, лесной мелиорации заболоченных земель и др.

Важнейшим оценочным показателем эффективности работы властных органов и базисным компонентом роста внутренней экономики лесных территорий региона является стабильное увеличение численности населения – социума, который предъявляет экономике растущие запросы не только на социальные и территориальные компоненты жизнеобеспечения при заселении лесных территорий. Сейчас в России осваивается около 0,1 объема расчетной лесосеки, в Свердловской области – около 30 %, что свидетельствует о недостаточном внимании региональных органов власти к развитию лесозаготовительного производства как первого сырьевого начала комплексного использования лесных ресурсов в различных древесинопотребляющих отраслях производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Россия для сохранения статуса лесной державы в настоящее время не должна до такой степени сокращать лесопользование и производство лесных продуктов высшего качества [3]. Наоборот, в кризисный период лесной комплекс обязан в 3–10 раз увеличивать свое присутствие на внутреннем и внешнем рынках, создавать рабочие места для россиян.

Урал все еще обладает богатыми природными ресурсами, утрата которых или нерациональное использо-

вание чреватые тяжелыми социолого-экономическими последствиями. Угроза исходит оттого, что в нашей стране разрыв между благосостоянием наиболее богатой и наиболее бедной частями населения превышает 60:1. Задача адекватного воспроизводства лесных ресурсов носит не только территориальную направленность, но одновременно включает в себя воспроизводство комплекса полезных функций лесов, которые, по оценкам некоторых специалистов, ценнее стоимости древесных ресурсов [1].

Удовлетворению духовных и оздоровительных запросов россиян в активном и бережном общении с природой служат рекреационные и другие полезные функции лесов, иных природных объектов. Жизнь заставляет перейти к парадигме новой экономики, основные принципы которой составляют примат духовных ценностей над материальными, переход к рациональному природопользованию. Духовно богатых людей, как правило, отличает отсутствие стремления к использованию «грязных» путей для обеспечения жизни. Видимо, потребуются непопулярные усилия к созданию нового общества, предполагающего главенство культуры, интеллекта и духовности над стремлением к богатству и накопительству. Человек должен стать императивом в новой экономике [11].

Авторы новой экономики Вернон Смит и Дэниэл Канеман, нобелевские лауреаты по экономике 2002 г., считают, что экономическая отдача складывается не столько от традиционных активов, сколько от применения знаний (нанотехнологии и др.). Применение интеллектуального потенциала распространяется на всю экономику, на все типы имущества, затрагивает не только производственно-технологические процессы, но в не-

меньшей мере институциональную и человеческую (поведенческую и психологическую) деятельность, включая интеллектуальную сторону экономики, в том числе сами экономические знания. Новая экономика складывается из пяти крупных составляющих, которые являются признаком социального прогресса.

Первая составляющая – отношение социума к научно-техническому прогрессу в части, связанной, прежде всего, с жизнеобеспечением человека. Вторая составляющая – уровень, доступность, качество образования и отдача от него на всех этапах, обеспечивающих уровень жизни, социального прогресса и влияющих на него. Третья составляющая – здоровье человека, в том числе обеспечение экологически приемлемой окружающей среды, продовольственной безопасности, качественного медицинского обслуживания и т. д. Четвертая составляющая – духовность, основы которой закладываются в семье и развиваются индивидом через сферы культуры, религии, которые создал человек во имя своего расширения и формирования высокоразвитой личности. Пятое – рациональное природопользование, т. е. сегодняшняя забота всего человечества о рациональном использовании и воспроизводстве природной среды, в частности лесных ресурсов. Экономика должна включать все пять составляющих, поскольку проблема жизни решается комплексно.

Социум предпримет все необходимые усилия, чтобы обеспечить свое существование и развитие, генерируя спрос на потребительские, природные и социальные ресурсы. Важно, чтобы этот спрос был платежеспособным, т. е. подкреплен растущими доходами – заработной платой, налоговыми трансфертами, бюджетными

субсидиями и т. д. Для этого лесоперерабатывающие и деревообрабатывающие предприятия лесной отрасли должны иметь в своем составе экологические производственные фонды – природные возобновляемые ресурсы с правом бессрочного пользования лесными участками, образующими территорию постоянно действующей лесосырьевой базы конкретного предприятия. Тогда социум населенного пункта, региона обретет стабильное развитие, даже если на него временно снизится активный внешний спрос. Дело в том, что лесопользователь-владелец не освобождается от необходимости снижать ресурсоемкость своих производств, повышать внешнюю конкурентоспособность, престиж и спрос на товары и услуги, нести бремя расходов на воспроизводство лесов и т. д. Может ли сейчас пользователь государственных лесных природных ресурсов на правах аренды адекватно обеспечивать их воспроизводство по объему и качеству с соблюдением экологических требований использованного им потенциала региональной природной среды? На этот вопрос ответ окажется отрицательным. Лишь природный потенциал территории будет обеспечивать воспроизводство лесной среды независимо от внешнего спроса на его проявление.

Пороговый уровень потребления материальных и социальных лесных благ соответствует максимальным экономическим затратам на восстановление экологического и сырьевого потенциала экосистемы. При нашем подходе методика оценки эффективности средств, вложенных в воспроизводство лесных древесных ресурсов, базируется на классификации экологических инвестиций, выявлении их потенциала, доли из взаимодействия, взаимосвязи и эффекта сопряжения.

Чем значительнее экономические затраты, тем меньше на начальном этапе доходность от традиционного лесопользования. Поэтому производство лесных продуктов с высокой добавленной стоимостью становится побуждающим стимулом к росту ценовых и затратных напряжений. Если диапазон внешней – не обязательно экспортной – стоимости единицы товара известен, то он, как правило, един для всех предприятий региона, выпускающих лесной продукт определенного уровня качества. Однако внутренняя стоимость продукта в каждом предприятии своя, присутствует в его целевой функции, полагаясь на возможности ограниченных ресурсов. Точно так же не для всякого лесного продукта может оказаться достаточно прогнозируемым диапазон его рыночной стоимости. Размах колебаний зависит от спроса потребителей товара данного вида и качества, а также побуждающего воздействия цен других товарных групп. Такие цены отклика имеют природу двойственных оценок ограниченных ресурсов, получаемых в процессе решения двойственной оптимизационной задачи.

Наш опыт использования современных информационных технологий в численном решении оптимизационных задач для различных природно-производственных и экономических условий показал эффективность использования результатов решения не только исходных, но и двойственных задач по вариантам формирования стоимости лесных древесных ресурсов в виде круглых лесоматериалов. Для наполнения наших экономико-математических моделей конкретным содержанием потребовались новые региональные нормативы технико-экономической оценки лесных ресурсов. Итоги оптимизационных расчетов использования размерных и качест-

венных свойств лесных ресурсов для производства круглых лесоматериалов по множеству сценариев постановки задач применялись в процедурах принятия решений о реальных планах текущего использования потенциала сырьевых и производственных возможностей конкретных предприятий и регионов в целом с последующим успешным внедрением в практику [6, 9].

Результаты решений оптимизационных задач оказывались весьма полезными для комплексной оценки потенциала стоимости объектов лесной недвижимости с применением принципа наилучшего и наиболее эффективного использования [4]. Этот принцип предполагает подготовку сценариев конъюнктуры для оценки экономически доступного потенциала лесных насаждений на лесных участках путем выбора наилучшего и наиболее эффективного варианта плана производства круглых лесоматериалов, который технологически обоснован и финансово осуществим, соответствует действующему лесному законодательству, и при этом наиболее полно реализуются возможности экологического воспроизводства лесной среды.

Экологические факторы воспроизводства лесных ресурсов являются регуляторами оценки экономически рационального лесопользования как одного из видов природопользования, отраслями лесного комплекса на качественно иных принципах новой экономики. В связи с ограниченностью пространства, пригодного для жизни, устойчивое развитие и размерность социосистем по своей целесообразности должны экономически и нормативно соотноситься с воспроизводственным потенциалом экосистем [8, 10]. Этим обуславливается необходимость существования научно обоснованного предела численности людей в лесном на-

селенном пункте как градостроительного норматива, при котором достигается нормальное обеспечение населения всеми ресурсами для жизнедеятельности («экологический след») и удовлетворения духовных потребностей в условиях совместимости хозяйственной деятельности социума с естественными и потенциальными возможностями воспроизводства среды обитания [10].

Очевидна необходимость создания современной нормативной базы для технико-экономической оценки лесов в целях рационального текущего и перспективного планирования с учетом экологического благополучия. Задачей является материализовать миф о великой лесной державе, которой якобы является Российская Федерация, в том числе Уральский регион, используя обновленный не только экономический, но и интеллектуальный потенциал лесотехнических и экологических знаний о лесопользовании [7].

Согласно ст. 64 ЛК РФ обязанность ухода за лесом возлагается на лесопользователя путем своевременного осуществления мероприятий, направленных на повышение продуктивности лесов, сохранение их полезных функций (вырубка части деревьев, кустарников, агролесомелиоративные и другие мероприятия) [2]. Таким образом, государством во все большей степени используются экономические подходы к рациональному лесопользованию, включая ориентированные на рыночные отношения. Однако рыночной системе, движущей силой которой является стремление к максимальному извлечению прибыли от результатов труда, внутренне не присуще стремление к защите окружающей среды и сохранению всех видов ресурсов. Поэтому выполнение требований ухода за лесом не по силам мелким

арендаторам. Их удел, как правило, заключается в покупке насаждений для регламентированной вырубке с учетом компенсации стоимости воспроизводства использованных лесных благ. Владельцами больших лесосырьевых баз должны быть крупные, зачастую градообразующие лесоперерабатывающие предприятия. Они могут создать собственные дочерние лесосырьевые подразделения (дивизионы) для ритмичного обеспечения основного производства круглыми лесоматериалами или на основе долгосрочных договоров воспользоваться услугами независимых предпринимательских структур, которые способны профессионально выполнять на лесной территории комплекс работ по восстановлению и уходу за лесом.

Таким образом, для сохранения статуса великой лесной державы необходимо кардинально увеличивать потребление лесных ресурсов для производства лесных продуктов и поставки их, в первую очередь, на внутренний рынок. При этом следует знать пределы экологически допустимого объема лесопользования и современный лесной менеджмент, реализующий принципы новой экономики.

В настоящее время результаты наших методологических и экспериментальных исследований используются в учебном процессе для оценки экономического потенциала лесных участков в зависимости от различных природно-производственных факторов Уральского региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агатьев В.В.* Проблемы рационального управления использованием природных ресурсов (на примере лесопользования): моногр. М.: ООО «Паритет Граф», 2001. 264 с.

2. Лесной кодекс Российской Федерации: Фед. закон от 04.12.2006 № 201-ФЗ // Рос. газ. 2006. 8 дек.
3. Лесной план Свердловской области до 2017 года. Екатеринбург, 2009. 670 с.
4. *Петров В.И.* Оценка стоимости земельных участков: учеб. пособие / под. ред. М.А. Федотовой. М.: КНОРУС, 2008. 224 с.
5. *Починков С.В.* Экономические основы устойчивого лесопользования: Эффективное освоение и воспроизводство лесных ресурсов: моногр. СПб.: ПРОФИКС, 2007. 112 с.
6. *Прешкин Г.А.* Модель оптимизации сортиментных планов // Проблемы оптимального отраслевого планирования: сб. науч. тр. / Ин-т экономики и организации промышленного производства СО АН СССР. Новосибирск: Изд-во ИЭ и ОПП СО АН СССР, 1976. С. 52–54.
7. *Прешкин Г.А., Ковалев Р.Н.* О стратегии устойчивого лесопользования на Урале // Вестн. Москов. гос. ун-та леса – Лесн. вестн. 2008. № 3(60). С. 44–46.
8. Природопользование сопредельных территорий // Я.Я. Яндыганов [и др.]. Екатеринбург: Изд-во Ин-та экономики УрО АН РАН, 2006. 200 с.
9. Совершенствование технологии и управления лесопромышленными предприятиями объединения «Башлеспром» / Г.А.Прешкин [и др.]; Мин-во образования Рос. Федерации; Уральск. лесотехн. ин-т. Свердловск, 1985. 512 с. Библиогр.: с. 416–418. Деп. в ВИНТИ, 01.86, № 6614.
10. Экологические индикаторы качества роста региональной экономики / под ред. И.П. Глазыриной, И.М. Потравного. М.: НИА Природа, 2006. 365 с.
11. <http://www.gmu.edu/departments/economics/facultybios/smith.html>.

Поступила 07.07.09

G.A. Preshkin

Ural State Forest Engineering University

Economic Factors Analysis in Cost Formation of Forest Resources

Theoretical and methodological aspects of cost formation of forest resources are considered. The influence of natural and economic factors on its assessment is analyzed.

Keywords: forest resources, cost, factors, new economics.



УДК 061.75

ЛЕСНОМУ ОПЫТНОМУ ДЕЛУ НА СЕВЕРЕ – 100 ЛЕТ

Лесное опытное дело на Севере зародилось в начале XX в. Осенью 1909 г. в Архангельске состоялось совещание лесных чинов с участием профессора Петербургского лесного института М.М. Орлова, где обсуждался вопрос об организации в Архангельской губернии опытного лесничества и его задачах. М.М. Орлов отмечал: «Основой лесного опытного дела являются лесные опытные лесничества, которые имеют своей задачей проведение планомерных и систематических исследований в отведенных для них лесах». Наиболее подходящим местом для организации такого лесничества не случайно был признан район Обозерского лесничества возле ст. Обозерской, который по географическому положению, климатическим условиям и характеристикам насаждений являлся настоящей жемчужиной средней подзоны тайги. Решение было продуманным и научно обоснованным в лесоводственном отношении.

В 1910 г. Северное опытное лесничество приступило к работе. Его возглавил и руководил до конца жизни (1957 г.) Сергей Венедиктович Алексеев, выпускник Петербургского лесного института (1907 г.), ученый-лесовод первого разряда, ученик классиков отечественного лесоводства Г.Ф. Морозова и М.М. Орлова. Он сразу организовал в Обозерской Лесную школу, воспитавшую впоследствии многих известных лесоводов.

Основная задача опытного лесничества состояла в обеспечении насущных потребностей лесной промышленности и лесного хозяйства та-

ежной зоны. Поддерживалась тесная связь с производством, закладывались стационарные опыты по различным направлениям ведения хозяйства. С самого начала деятельность была поставлена на строго научную основу. Разрабатывались упрощенные методы таксации северных лесов, проводились исследования по опытным выборочным рубкам, очистке лесосек от порубочных остатков. Впервые в северных условиях в 1913 г. был заложен лесной питомник, где высеяны семена сосны и ели разного происхождения. Начаты постоянные метеорологические и фенологические наблюдения. Уже в 1912 и 1915 гг. в трудах по лесному опытному делу был опубликован «Обзор погоды по Северному опытному лесничеству».

С 1923 г. Архангельский губернский лесной отдел приступил к широкомасштабным лесоразработкам. В лесничестве стали закладывать опытные рубки: подневольно-выборочные разной интенсивности и сплошные с оставлением подроста, тонкомера, семенников и без них, с различной шириной лесосек. Результаты исследований публиковались в работах С.В. Алексеева и А.А. Молчанова «Семенно-лесосечные рубки» (1927), «Очистка лесосек от порубочных остатков в условиях Северного края» (1935), «Сплошные рубки на Севере» (1938). Эти труды высоко оценены проф. М.Е. Ткаченко и другими видными лесоводами страны. М.Е. Ткаченко просил выслать их для включения данных в учебник «Общее лесоводство». До сих пор не утратила

своего значения монография С.В. Алексеева и А.А. Молчанова «Выборочные рубки в лесах Севера» (1954). Она стала результатом разносторонних опытов и многолетних стационарных наблюдений в сосняках и ельниках, пройденных выборочными рубками разной интенсивности, и признана в лесоводстве классической. В то же время проводились наблюдения за плодоношением хвойных пород. В 1928 г. на большой площади однолетней гари были созданы лесные культуры сосны посевом семян. Результаты нашли отражение в работах «К вопросу о плодоношении и искусственном возобновлении лесов на Севере» (1932), «Плодоношение лиственницы» (1932). С.В. Алексеева по праву следует считать пионером лесокультурного производства на Севере.

В 1931 г. на базе лесничества организована опытная группа вначале Плесецкого леспромхоза, а затем треста «Севтранслес». «Исследовательская группа до Великой Отечественной войны, – вспоминал С.В. Алексеев, – была оживленной и разносторонней... Продолжались наблюдения на стационарных пробных площадях, заложенных в прошлом, причем сводка и литературное оформление этих важнейших и по содержанию, и по трудоемкости работ была сделана опытной группой». Большую помощь опытной группе, а затем Лесной опытной станции оказывал заведующий лесным сектором треста «Севтранслес» И.Ф. Преображенский. Его деятельность нашла отражение в первом труде о лесах Севера «Леса и лесное хозяйство Архангельской области», изданном в соавторстве с А.А. Молчановым в 1957 г.

В 1934 г. по заданию трестов «Севтранслес» и «Севлес» опытная группа со специалистами предприятий провела исследование лесосек в Кар-

гопольском леспромхозе, Плесецком и Объячевском леспромхозах. Много внимания уделялось вопросам естественного возобновления на вырубках и гарях, изучению лесных пожаров и разработке мер борьбы с ними. Были опубликованы работы «Очистка лесосек в практике Северного лесного хозяйства» (1937), «Влияние разных способов очистки лесосек на лесовозобновление в сосняках-зеленомошниках Архангельской области» (1940), «Рубки в лесах Севера» (1953) и др.

В разное время вместе с С.В. Алексеевым плодотворно трудились А.А. Молчанов, И.М. Стратонович, С.К. Лебедев, В.И. Перова, Я.Я. Лобанов, И.И. Мокеев, В.И. Крылов, внесшие значительный вклад в лесную науку. Следует вспомнить, как в беседах с молодежью С.В. Алексеев говорил: «Если бы можно было повторить сознательную жизнь сначала, я еще раз посвятил бы ее лесу. Лес – наше богатство. Его нужно множить. Будет время, когда леса зашумят в степях, лесами покроются бесчисленные топи, болота. Что может быть прекраснее – преобразовывать нашу планету». Имя С.В. Алексеева было присвоено Северному лесничеству Обозерского лесхоза.

С образованием Министерства лесного хозяйства в 1947 г. опытная группа была переведена в распоряжение ЦНИИЛХа (в дальнейшем Ленинский институт лесного хозяйства) и преобразована в Северную лесную опытную станцию (Северную ЛОС). Коллектив станции изучал естественное и искусственное возобновление леса на концентрированных вырубках и гарях, методы содействия естественному лесовозобновлению, повреждения сосновых молодняков шютте, вопросы создания лесосеменных участков сосны, ели и лиственницы, методы механизированной подготовки почвы под лесные культуры.

В 1965 г. станция перешла в структуру Архангельского института леса и лесохимии (ныне СевНИИЛХ). Основными направлениями деятельности стали: разработка и совершенствование способов лесовосстановления, технологии рубок ухода и рубок главного пользования, создание лесосеменной базы на селекционной основе, стационарные фенологические и микроклиматические наблюдения.

В том же году по приглашению директора института А.С. Синникова Северную ЛОС возглавил опытный лесовод, директор Емцовского учебно-опытного лесхоза АЛТИ В.М. Жариков, который за 30 лет деятельности в должности директора станции многое сделал для укрепления ее материально-технической базы. Под его руководством и при непосредственном участии началась работа по лесосеменному делу и лесной селекции на Севере. Впервые были разработаны: способы отбора ранее неизвестных селекционно-ценных форм сосны обыкновенной по признаку треххвойности, ели обыкновенной, ели сибирской и их гибридов по выраженности мутовчатости, определено их селекционное значение; методы ранней диагностики наследственных свойств плюсовых деревьев и форм сосны, ели и лиственницы; научные основы отбора элитных деревьев сосны, способы создания семейственных плантаций хвойных пород, ПЛСУ сосны и ели на селекционной основе. Под руководством В.М. Жарикова в лесах области отобрано и паспортизовано более 500 плюсовых деревьев, 100 из них проверено методами ранней диагностики. Создано более 100 га постоянных лесосеменных участков, заложено более 20 лесосеменных плантаций прививками черенков и потомством плюсовых деревьев. Совместно

с В.Я. Поповым и сотрудниками АИЛиЛХ разработан ряд практических рекомендаций по лесосеменному делу, систематически проводились семинары для производителей.

Большой и широкий спектр исследований в Северной ЛОС включал изучение эффективности рубок ухода во вторичных лесах, разработку региональных нормативных параметров ухода за лесом, опыты по сплошным и несплошным рубкам на базе современной техники. Впервые в условиях Севера были организованы круглогодичные эколого-биологические исследования, которые проводились с 1966 г. по 2006 г., до закрытия станции. Комплекс экологических наблюдений осуществлялся на 20 стационарных метеостанциях в насаждениях разного породного состава, пройденных рубками ухода разной интенсивности 40...50 лет назад. Результаты длительных наблюдений опубликованы в многочисленных работах, а обобщающей стала фундаментальная монография «Рубки ухода и фитоклимат» (Г.А. Чибисов, А.И. Нефедова, 2007). Итоги исследований использованы также в монографии «Смена сосны елью» (Г.А. Чибисов, 2010), практических рекомендациях и пособиях «Рубки ухода за лесом на Европейском Севере» (Г.А. Чибисов, Н.И. Вялых, Н.С. Минин, 2004), «Лесоводственная и экономическая эффективность рубок ухода» (Г.А. Чибисов, В.А. Гущин, 2008).

Следует отдать дань уважения сотрудникам Северной ЛОС, проработавшим 30 лет и более: А.С. Нефедову, Н.П. Нечаевой, О.Г. Соколовой, С.И. Онохиной. Особого уважения заслуживает А.И. Нефедова, выпускница ЛТА 1957 г., трудившаяся полвека на станции и навсегда связавшая свою

судьбу с северным лесом. Большой вклад в опытные работы внесли лесничие А.М. Хабаров, Б.В. Зяблов, Д.И. Ржанников, В.Ф. Мурашев, В.Б. Зяблов.

Резюмируя, можно заключить, что Северное опытное лесничество и Северная ЛОС в течение 100 лет были форпостом лесного опытного дела и лесной науки на Европейском Севере России. Приходится только недоумевать, что Рослесхоз в 2006 г. закрыл Северную ЛОС. Впрочем, можно не удивляться, если лесная политика в лесной державе мира «реформировала» лесную науку, как и все лесное хозяйство страны, до порогового состояния.

Вместе с этим, лесной комплекс Севера вошел в кризисное состояние в связи с рядом сложнейших проблем. Одна из них – перенос тяжести лесоснабжения из спелых истощенных лесов в зону вторичных. Рациональное вовлечение их в сферу хозяйственной деятельности имеет большое экономическое и социальное значение.

В целях сохранения накопленных исследований по рубкам ухода, ведения хозяйства во вторичных лесах на научной основе в производственных

масштабах, а также сохранения в какой-то мере бренда Северной ЛОС в 2007 г. было организовано предприятие ООО «Северная ЛОС», имеющее в аренде более 23 тыс. га лесов. В основу его деятельности положена «Программа научного обеспечения...», одобренная ученым советом СевНИИЛХ и утвержденная департаментом лесного комплекса с перспективой создания модельного леса «Вторичные леса Севера».

Тем не менее, восстановление опытной и научно-исследовательской деятельности на Европейском Севере, где по-существу зародилось таежное лесоводство, требует внимания и решения Рослесхоза в новом качестве.

Г.А. Чибисов¹, А.П. Фомин²

¹СевНИИЛХ

²ООО «Северная ЛОС»

G.A. Chibisov¹, A.P. Fomin²

¹ Northern Scientific-research Institute of Forestry

² “Severnaya LOS” Ltd

Forest Research in the North is 100 Years



ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

К 80-ЛЕТИЮ УЧЕНОГО-ЛЕСОВОДА



10 марта 2011 г. исполнилось 80 лет доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, академику РАЕН Николаю Алексеевичу Луганскому.

Николай Алексеевич родился в с. Алексеевском Кокчетавской области (Северный Казахстан). После окончания в 1950 г. лесного отделения Боровского сельскохозяйственного техникума работал в Тургусунском лесхозе Восточно-Казахстанской области и в Карагандинском областном управлении лесного хозяйства. Осознавая необходимость продолжения образования, поступил на лесохозяйственный факультет Уральского лесотехнического института, который окончил в 1956 г. с отличием. Дипломированный специалист начал трудовую деятельность директором Уральского учебно-опытного лесхоза, в 1957 г. был назначен директором Свердловского лесотехнического техникума. В том же году он поступил в аспирантуру при Ботаническом саде Института биологии Уральского филиала АН СССР, а в 1961 г. успешно защитил диссертацию «Внутривидовая изменчивость кедр сибирского на Урале и использование ее в лесохозяйственной практике» на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук.

В 1960 – 1966 гг. Н.А. Луганский работал в Уральском научно-исследовательском институте Академии коммунального хозяйства сначала ру-

ководителем научно-исследовательской опытно-показательной станции по озеленению городов, а затем заместителем директора по научной работе. В этот период он подготовил ряд научных работ, в том числе совместно с Н.А. Коноваловым широкоизвестную книгу «Деревья и кустарники для озеленения городов Урала».

В 1966 г. Николай Алексеевич перешел на должность доцента кафедры лесоводства Уральского лесотехнического института. Однако уже через год его пригласили возглавить Уральскую лесную опытную станцию ВНИИЛМ. Благодаря руководству Н.А. Луганского существенно повысилась эффективность работы станции. Было создано значительное количество постоянных опытных и опытно-производственных объектов, организовано издание научного сборника «Леса Урала и хозяйство в них». Подавая пример своим коллегам, Николай Алексеевич в 1974 г. успешно защитил диссертацию «Оптимизация лесовосстановления и рубок ухода в сосновых лесах Урала» на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Докторские диссертации защитили также научные сотрудники станции В.Н. Данилик и И.А. Фрейберг.

Параллельно с научной работой Н.А. Луганский уделял большое внимание укреплению материальной базы станции. Были построены 100-квартирный жилой дом для сотрудников, новый лабораторный корпус, что позволило впоследствии создать на базе станции Институт леса Уральского отделения АН СССР.

В 1981 г. Н.А. Луганский перешел в Уральский лесотехнический институт на должность заведующего кафедрой лесоводства, а с 1982 г. до 1991 г. возглавлял институт. С 1991 г. Николай Алексеевич работает в должности профессора кафедры лесоводства. Он много сделал для того, чтобы Уральский лесотехнический институт стал Уральской государственной лесотехнической академией, а затем Уральским государственным лесотехническим университетом. Им лично, а также совместно с учениками и коллегами опубликовано 265 научных работ, в том числе один учебник, 9 учебных пособий, 12 монографий, 5 авторских свидетельств, 8 нормативных документов. С 1967 г. по 2009 г. Н.А. Луганский является бесменным научным редактором сборника научных трудов «Леса Урала и хозяйство в них», а с 2010 г. членом редколлегии журнала «Леса России и хозяйство в них».

Николай Алексеевич – опытный педагог, большое внимание уделяет подготовке кадров высшей квалификации. Он читает основные курсы кафедры «Лесоведение» и «Лесоводство». Десятки студентов лесохозяйственного факультета выполнили под его руководством дипломные работы и проекты.

Много лет Н.А. Луганский возглавляет диссертационный совет по защите кандидатских и докторских диссертаций, является основателем научной школы «Повышение продуктивности и устойчивости лесов лесоводственными методами». Под его руководством успешно защитили кандидатские диссертации 36 аспирантов и соискателей. При научном консультировании Николая Алексеевича подготовлены и защищены 6 докторских диссертаций. Его ученики трудятся далеко за пределами Уральского региона.

За успехи в научно-педагогической деятельности Н.А. Луганский награжден орденом Дружбы народов, медалями «В ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина», «Ветеран труда», нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования», многочисленными почетными грамотами. Российская академия естественных наук наградила Н.А. Луганского Серебряной медалью В.Н. Вавилова.

В канун своего 80-летия Николай Алексеевич полон идей и новых творческих планов. Только в 2010 г. он совместно с коллегами подготовил и опубликовал учебные пособия «Лесоведение», «Лесоведение и лесоводство. Термины, понятия, определения», монографию «Деревья и кустарники для озеленения городов Урала».

Подарком к 80-летию Н.А. Луганского стали успешные защиты в феврале 2011 г. кандидатских диссертаций двумя его учениками.

Все, кому пришлось работать с Н.А. Луганским, знают его не только как ученого и педагога, энциклопедически грамотного специалиста, но и как обаятельного человека, прекрасного исполнителя украинских, цыганских и русских народных песен, интересного собеседника.

Дорогой наш учитель и наставник Николай Алексеевич! От многочисленных учеников и коллег примите самые сердечные поздравления с юбилеем. Желаем всего самого доброго, а главное – крепкого здоровья.

С.В. Залесов

Уральский государственный
лесотехнический университет

S.V. Zalesov
Ural State Forest Engineering University

By Eightieth Birthday of Forestry Scientist

УДК 06.091

БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ – ИСТОЧНИК ВДОХНОВЕНИЯ И СОЗИДАНИЯ (к 80-летию К.Д. Мухамедшина)

7 января 2011 г. исполнилось 80 лет Камиллю Джиганшиевичу Мухамедшину, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, доктору сельскохозяйственных наук, профессору.

Камиль Джиганшиевич родился в г. Пржевальске – живописном уголке Тянь-Шаня, рядом с оз. Иссык-Куль. Величественная красота гор породила любовь к природе, желание изучать и сохранять ее, что определило выбор специальности. К.Д. Мухамедшин поступил на лесохозяйственный факультет Казахского сельскохозяйственного института. После окончания вуза и аспирантуры молодой специалист с 1958 г. работал старшим научным сотрудником, а затем заведующим лабораторией биogeоценологии Института биологии АН Киргизской ССР.

Предметом его исследований были арчевники и строение древесины можжевельника. Работа в суровых, часто экстремальных условиях высокогорий, где ранее подобные научные экспедиции не проводились, позволила ученому собрать уникальный аналитический материал.

Обобщив большой объем данных полевых исследований, лесохозяйственных, климатических, архивно-литературных и гербарных материалов на десятках географических пунктов Средней Азии, Крыма, Кавказа, Дальнего Востока и таежной зоны континента, К.Д. Мухамедшин разработал научную концепцию по можжевельным лесам. Результатом многолетних исследований стали докторская диссертация на тему «Можжевельные леса Тянь-Шаня и их лесохозяйственное значение» (1970), ряд научных монографий, статей, а также практические

рекомендации по методам лесоустройства, таксации, дендроиндикации, лесовыращивания, являющиеся до настоящего времени основой планирования лесохозяйственного производства в условиях аридных и горных лесов Средней Азии и Казахстана.

В начале 1970-х гг. в стране был взят курс на интенсивное ведение лесного хозяйства с широкой химизацией отрасли. В организованном Всесоюзном научно-исследовательском институте химизации лесного хозяйства Камилль Джиганшиевич возглавил отдел биogeоценологии (впоследствии лаборатория экологического прогнозирования). Здесь появились новые научные разработки и рекомендации по применению комплексов экологически безопасных химических веществ; эффективные технологии лесовосстановления, повышения продуктивности и целевого выращивание лесных насаждений с заданным качеством древесины.

Важным этапом научной деятельности ученого стало участие в изучении последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Под его руководством проведены комплексные исследования миграции наиболее опасных радионуклидов в лесных экосистемах и динамики их содержания в продукции лесного хозяйства. При непосредственном участии К.Д. Мухамедшина разработаны руководства и рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения, радиационно-экологическому мониторингу лесов, сертификации лесных ресурсов по радиационному признаку и другие документы, регламентирующие лесохозяйственное производство в этих сложных условиях.

Камиль Джиганшиевич внес существенный вклад в изучение водоохранный защитных лесов и их свойств на примере Ветлужско-Унженской равнины, работая в 2002–2004 гг. в должности главного научного сотрудника ВНИИЛМа. В результате исследований динамики структуры лесного фонда и типов леса региона за 130-летний период, влияния на них лесных пожаров и рубок главного пользования, особенно сплошных концентрированных, были получены материалы для разработки модели необходимых параметров лесистости, ландшафтного размещения и породного состава лесных насаждений, обеспечивающих оптимальный гидрологический режим региона.

В настоящее время ученый продолжает научную деятельность, являясь заместителем директора по научной работе в компании «Экопродукт». Он изучает вопросы рационального неистощительного пользования недревесными лесными ресурсами, разрабатывает способы повышения урожайности лесных грибов и ягод.

К.Д. Мухамедшин – известный лесовод, ведущий ученый в области биогеоценологии – пользуется заслуженным авторитетом, имеет доброе имя в научной, производственной и общественной сферах лесной отрасли. Его хорошо знают специалисты лесного хозяйства в нашей стране и за рубежом по книгам «Лесное хозяйство мира», «Можжевеловые леса», «Арчевники Тянь-Шаня и их лесохозяйственное значение», «Лесное хозяйство в условиях радиации» и ряд других. Он является автором более 200 научных работ.

Камиль Джиганшиевич создал научную школу в области горного лесоведения и лесоводства, применения

средств химии в лесном хозяйстве и радиоэкологии. Под его руководством выполнены и успешно защищены 12 диссертационных работ по лесоводственным проблемам. Научно-исследовательскую и организаторскую работу он успешно совмещал с общественной, будучи с 1975 г. членом нескольких специализированных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Во всех коллективах, в которых К.Д. Мухамедшин работал и которыми руководил, всегда царила творческая, уважительная атмосфера. Он щедро передавал свои знания и опыт молодым ученым и специалистам. Мудрость, высокий профессионализм, незаурядные организаторские способности, педагогический дар, трудолюбие, интеллигентность, доброжелательность и чувство юмора ученого помогли в экстремальных условиях научных экспедиций, в решении самых сложных научных проблем. Заслуги К.Д. Мухамедшина отмечены высокими правительственными наградами – орденом Почета и медалями.

Желаем Камиллю Джиганшиевичу крепкого здоровья, вдохновения и творческих успехов в созидательной деятельности ученого-лесовода.

И.И. Степаненко

Научно-производственное
объединение «Паркет»

I.I. Stepanenko

Scientific Production Association “Parquet”

Biogeocenology – source of inspiration and creation (by 80th birthday of Kamil Dgiganshievich Muhamedshin)