

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

2

2002

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – проф. **О.М. Соколов**
Заместители главного редактора:
проф. **Е.С. Романов**, проф. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

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

Сдан в набор 05.03.2002. Подписан в печать 19.04.2002.
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,6. Усл. кр.-отт. 13,6.
Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

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

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- А.М. Невидомов, Е.В. Невидомова-Малаха.* Ассоциации пойменных дубрав Нижегородского Поволжья 7
- О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина.* Динамика сосново-березового насаждения в типе леса сосняк-кисличник и лесоводственная эффективность рубок ухода 17
- О.И. Гаврилова, И.К. Савин.* Изменение структуры лесфонда Республики Карелия во второй половине XX в. 23
- В.П. Шелухо.* Зонирование хвойных лесов при хроническом воздействии выбросов цементного производства 31
- С.М. Матвеев, В.В. Чеботарев.* Дендроклиматическое исследование сосняков Усманского бора и моделирование пожароопасных сезонов 36

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- С.И. Морозов, С.Л. Смирнов.* Теоретические основы методики расследования дорожно-транспортных происшествий 42
- Е.С. Буряк.* Аппроксимация экспериментальных кривых крутящего момента для полуосей лесовозного автомобиля 49
- В.С. Морозов.* Рекомендации по выбору типа зимних автомобильных дорог на болотах 52

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- А.П. Капишиников.* Электронная версия $id\alpha$ -диаграммы 61
- А.М. Копейкин.* Проблемы рационального использования мягколиственного сырья в производстве пилопродукции 66

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Ф.Х. Хакимова, О.А. Носкова, Т.Н. Ковтун.* Изменение физико-химических свойств целлюлозы в процессе получения целлюлозного порошка 71
- С.С. Никулин, И.А. Сахокия, А.И. Дмитренко, О.Н. Филимонова, В.С. Болдырев, О.А. Хохлова.* Сополимеры на основе кубовых остатков ректификации стирола – модификаторы древесины 78
- Г.И. Царев.* Кинетические закономерности взаимодействия ДВП с вводимыми добавками на стадии термообработки 86
- С.И. Третьяков.* Математическая модель массообмена в процессе извлечения скипидара из древесины 93
- С.И. Третьяков.* Исследование кинетики массопереноса при извлечении скипидара из древесины 100

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- М.И. Лисица.* Использование теории арбитражного ценообразования для оценки отраслевого инвестиционного риска на примере целлюлозно-бумажной промышленности 109

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Е.Н. Исаева, Е.Н. Самошкин.* Содержание аскорбиновой кислоты в плодах калины обыкновенной Брянского округа зоны широколиственных лесов. 114
- В.Б. Кунтыш, А.В. Позднякова, В.И. Мелехов.* Теплоотдача естественной конвекцией одиночного ряда вертикальных оребренных труб калориферов лесосушильных камер 116
- С.П. Агеев.* Моделирование групповых графиков нагрузки электрических сетей лесопильного цеха 121

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Н.А. Бабич.* Книга о северном лесоустройстве 128
- В.А. Усольцев.* О книге Ю.В. Лебедева 129
- Н.А. Бабич.* Интересная книга 133
- В.И. Мелехов.* Новая книга о древесиноведении 134

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Б.Н. Уголев.* Сессия и семинар Координационного совета по древесиноведению в Черноголовке 137

ЮБИЛЕИ

- Коллеги и ученики.* Георгий Иванович Чижов 139
- Ю.И. Сухорукх.* Одержимый ученый 140
- Ректорат Архангельского государственного технического университета.* Поздравляем с юбилеем! 142





CONTENTS

FORESTRY

<i>A.M. Nevidomov, E. V. Nevidomova-Malakha.</i> Associations of Flood Plain Oakeries of Nizhny Novgorod Volga Area.....	7
<i>O.A. Nevolin, S.V. Tretyakov, O.O. Eremina.</i> Dynamics of Pine-birch Stands in Pinetum Betuleto-oxalidozum and Silviculture Efficiency of Thinning.....	17
<i>O.I. Gavrilova, I.K. Savin.</i> Change of Wood Stock Structure of the Republic of Karelia in the Second Half of XX Century.....	23
<i>V.P. Shelukho.</i> Zoning of Coniferous Forests under Regular Influence of Cement Production Emissions.....	31
<i>S.M. Matveev, V. V. Chebotarev.</i> Dendroclimatic Study of Pine Forests of Usmansk Grove and Simulation of Fire-hazard Seasons.....	36

WOODEXPLOITATION

<i>S.I. Morozov, S.L. Smirnov.</i> Theoretical Base of Technique for Investigating Traffic Accidents.....	42
<i>E.S. Buryak.</i> Approximation of Experimental Torque Curves of Timber Truck Half-axles	49
<i>V.S. Morozov.</i> Recommendations on Choosing Road Type for Bogs.....	52

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>A.P. Kapishnikov.</i> Electronic Version of <i>ida</i> -Diagram.....	61
<i>A.M. Kopeikin.</i> Problems of Rational Use of Sawed Raw Material from Soft-leaved Species in Sawed Timber Production.....	66

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>F.Kh. Khakimova, O. A. Noskova, T. N. Kovtun.</i> Changing of Physicochemical Properties of Cellulose in Process of Pulp Powder Production.....	71
<i>S.S. Nikulin, I.A. Sakhokija, A.I. Dmitrenkov, O.N. Filimonova, V.S. Boldyrev, O.A. Khokhlova.</i> Copolymers Based on Distillation Residual of Styrene Rectification – Modifiers of Wood.....	78
<i>G.I. Tsarev.</i> Kinetic Regularities of Fiberboard Interaction with Introduced Additives at Heat Treatment Stage.....	86
<i>S.I. Tretyakov.</i> Mathematical Model of Mass Exchange in Process of Turpentine Extraction from Wood.....	93
<i>S.I. Tretyakov.</i> Analysis of Mass Transfer Kinetics when Extracting Turpentine from Wood.....	100

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- M.I. Lisitsa.* Use of Arbitrage Price Formation Theory for Assessment of Branch Investment Risk Based on Pulp-and-Paper Industry of Russia..... 109

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- E.N. Isaeva, E. N. Samoshkin.* Ascorbic Acid Content in European Cranberry Bush Fruits in Broad-leaved Forests Zone of the Bryansk District..... 114
- V.B. Kuntysh, A. V. Pozdnyakova, V. I. Melekhov.* Heat Transfer by Natural Convection of Vertical Finned Tubes of Drying Kilns Calorifers..... 116
- S.P. Ageev.* Clustered Diagram Simulation for Electric Network Load of Sawmill Plant..... 121

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

- N.A. Babich.* Book on Northern Forest Management..... 128
- V.A. Usoltsev.* About Book by Yu.V. Lebedev..... 129
- N.A. Babich.* Interesting Book..... 133
- V.I. Melekhov.* New Book on Wood Science 134

SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

- B.N. Ugolev.* Session and Seminar of Coordination Council on Wood Science in Chernogolovka..... 137

JUBILEES

- Colleagues and progeny.* Georgy I. Chizhov..... 139
- Yu.I. Sukhorukikh.* Scieriddden Scientist..... 140
- Rectorate of Arkhangelsk State Technical University.* Congratulations on Jubilee... 142
-



УДК 630*187: 581.524.3

А. М. Невидомов, Е.В. Невидомова-Малаха

Невидомов Алексей Михайлович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Горьковский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. директора Государственного научно-исследовательского предприятия по подсочке леса и лесохимическому сырью «Янтарь». Имеет более 30 научных трудов и внедрений НИР в лесохозяйственное производство.



Невидомова-Малаха Елена Викторовна родилась в 1962 г., окончила в 1984 г. Красноярский государственный университет, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры ботаники Нижегородского государственного педагогического университета. Имеет более 20 научных трудов в области систематики, географии, экологии растений и геоботаники.



**АССОЦИАЦИИ ПОЙМЕННЫХ ДУБРАВ
НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ***

Приведена типологическая характеристика долинных дубняков северной климатической фации. Охарактеризованы ассоциации и их группы. Разработана шкала стадий их антропогенной дигрессии.

пойменные дубравы, стадии дигрессии, ассоциации и их группы, антропогенные факторы, порослевые древостой.

Наши исследования свидетельствуют об интразональном характере пойменных экосистем. Необходимо окончательно отказаться от устаревшего, но бытующего иногда и сейчас понятия об азональности пойменной растительности. Хотя пойма и умеряет несколько воздействие зональных климатических факторов, но не устраняет их полностью. Поэтому климатические фации в системе синтаксономических единиц Б.П. Колесникова [7] на-

* Статья является продолжением предыдущей [14] и логическим завершением цикла публикаций о современном состоянии пойменных дубрав Волжского бассейна от северной границы ареала дуба черешчатого до южного предела его распространения [9, 10, 12, 13].

ходят свое отражение не только в геоморфологическом комплексе типов леса нагорных (плакорных) дубрав, но и в долинных дубняках, особенно на обширной территории Волжского бассейна, простирающейся почти через все природные (ландшафтно-географические) зоны Русской равнины (за исключением тундры и лесотундры) от северной границы ареала дуба черешчатого до южной. На протяжении географического ареала мы выделяем три климатические фации (климатических комплекса типов леса) по Б.П. Колесникову [7]: северных (зоны хвойно-широколиственных лесов), средних (зоны широколиственных лесов) и южных (лесостепной и степной зоны) дубрав.

Преыдушие наши работы были посвящены характеристике геоморфологического комплекса типов леса долинных дубняков в климатических фациях южных [9, 10, 12, 13] и средних [14] дубрав с использованием системы синтаксономических единиц географо-генетической классификации Б.П. Колесникова [7]. Мы занимались их детальным изучением на протяжении 1986–1991 гг. Разработанная нами «Схема географо-генетической классификации типов леса северной части Волго-Ахтубинской поймы» [9] уже использована в 1995 г. лесоустройством при составлении «Основных положений организации и развития лесного хозяйства лесхозов Волгоградской области». С 1991 г. мы переключились в основном на изучение пойменных дубрав северной и средней (переходной к южной) климатических фаций.

Все эти работы проводились нами по единым методикам [10, 12]. Их цель – дать единую интегральную оценку пойменных дубрав Волжского бассейна через географо-генетическую классификацию типов леса, отражающую, с одной стороны, ландшафтно-региональные особенности в различных частях Волжского бассейна, с другой – генезис и динамику: происхождение и перспективы развития лесных фитоценозов. Все это в комплексе должно создать прочную теоретическую базу для лесного мониторинга как важнейшей составляющей общего экологического мониторинга бассейна р. Волги. В практических целях экологической экспертизы, экологического мониторинга, лесохозяйственного и сельскохозяйственного производства, землепользования, лесо- и землеустройства объем понятия «тип леса» принят нами в трактовке Б.П. Колесникова [7, 8] как крупное по объему и комплексное по содержанию понятие, что мы неоднократно отмечали ранее [9–11, 13].

Данная статья посвящена результатам нашей работы по пойменным дубравам северной климатической фации (преимущественно в Нижегородском Заволжье). Здесь изучение долинных дубняков носило до сих пор в основном эпизодический, локальный и описательный характер. Необходимо в настоящее время представить единую систему знаний о них на базе современной географо-генетической классификации. При этом интегральным экологическим критерием природных закономерностей распределения лесов в пойме может выступить рельеф [11]. Во-первых, потому, что само возникновение и развитие лесной растительности в пойме сопряжено с генезисом

ее рельефа как результат классического примера гологенетической (геоморфогенной, аллювиогенной) сукцессии. Во-вторых, потому, что специфической характерной особенностью поймы является тот факт, что даже сравнительно небольшая разница в рельефе различных ее участков существенно отражается на их гидрологическом режиме, а отсюда и на конкретных лесорастительных условиях. Значит, необходима ординация ассоциаций и типов леса в высотно-топографический ряд, который одновременно является выражением эколого-генетического ряда их природного развития.

Для решения перечисленных практических задач ассоциация в формулировке классической геоботаники – слишком мелкая единица, тогда как требуется оперировать более крупными гетерогенными единицами *, тем более при исключительно высокой динамике и антропогенной перегруженности пойменных экосистем Волжского бассейна. Понятие «группа ассоциаций» в качестве основной рабочей единицы ближе к понятию типа леса Ивашкевича – Колесникова. Мы представим наш материал в максимально удобной для практического использования форме. Здесь, на наш взгляд, важны два аспекта. I. Укрупнение синтаксонов и их ординация в высотно-топографический ряд, что позволяет указать место любого типа леса в природном эколого-генетическом ряду развития лесной растительности поймы. II. Параллельное определение стадии дигрессии дубрав в связи с интенсивной антропогенной нагрузкой, иными словами, степени его отклонения (абберации) от природного ряда развития под влиянием антропогенных причин. Отсюда четко и осознанно можно наметить мероприятия по его восстановлению (демутации) как возвращению выпавшего звена (во избежание разрыва в единой цепи) в лесообразовательный процесс.

Нами предлагается следующая шкала стадий дигрессии:

0 – изменения лесной среды не наблюдаются. Древостой здоровый, хорошего роста и развития. Подрост благонадежный, со значительным участием дуба черешчатого. Подлесок густой или средней густоты. Травостой преимущественно из лесных (неморальных) видов **;

1 – изменения лесной среды слабой степени. Фауных (больных) деревьев менее 20 %. Подрост благонадежный, но участие в нем дуба незначительно. Подлесок густой или средней густоты ***. В травостое появляется 5 ... 10 % луговых видов;

* Однако наиболее подробно описываются все-таки ассоциации в качестве гомогенной единицы.

** Это нормальный фитоценоз, не подверженный антропогенной дигрессии, включенный в природный эколого-генетический ряд как последовательный закономерный этап развития естественного лесообразовательного процесса в пойме. Сейчас такие эталоны в долинах рек Волжского бассейна найти крайне трудно.

*** Для того чтобы наполнить понятие густоты подлеска конкретным содержанием, рекомендуем следующие придержки по его сомкнутости и количеству кустов: густой – сомкнутость более 0,6, более 5 тыс. экз. на 1 га; средней густоты – 0,3...0,6, 2 ... 5 тыс. экз./га; редкий – менее 0,3, менее 2 тыс. экз./га.

2 – изменения лесной среды средней степени. Суховершинность древостоя 20 ... 50 %. Подрост ряда сопутствующих древесных пород более или менее благонадежен, но дубовый подрост редкий и неблагонадежный. Подлесок редкий или средней густоты. В травостое 10 ... 20 % луговых видов;

3 – изменения лесной среды сильной степени. Усыхающих деревьев 50 ... 70 %. Подрост неблагонадежный. Подлесок редкий. В травостое до 50 % нелесных (сорные и луговые) видов;

4 – лесная среда деградирована. Древостой изрежен, суховершинность более 70 %. Подрост отсутствует, подлесок тоже. Травостой до 80 % состоит из нелесных видов.

*Краткая характеристика лесорастительных условий
в геоморфологическом комплексе типов леса долинных дубняков
в климатической фации северных дубрав*

Так же, как в средней и южной климатических фациях, северные дубравы локализованы в переходной от прирусловой к центральной эколого-генетической зоне поймы. Они расположены на гривах и повышениях, преимущественно в пойме среднего экологического уровня. Но, в отличие от климатической фации южных дубняков, почвы под ними не аллювиальные дерновые насыщенные, а аллювиальные дерновые кислые, т. е. вскипания от 10 %-й НС1 не наблюдается. Зарегулирование паводкового стока, прямое (плотинами) и косвенное (мелиорация на водосборной площади), имеет место и в этой климатической фации. Это антропогенное нарушение гидрологического режима пойм находит отражение в ухудшении лесорастительных условий. Таким образом, локальные антропогенные воздействия многократно усиливаются региональным изменением пойменных земель – зарегулированием стока. Поэтому, вопреки выводам крупного специалиста по пойменным дубравам Среднего и Верхнего Поволжья А. К. Денисова об устойчивости дуба черешчатого на пойме [17], мы наблюдаем теперь пойменные дубняки в подавляющем большинстве случаев только на различных стадиях их дигрессии. Открытая А. К. Денисовым [4] способность дуба формировать придаточные корни при погребении его песчаными и супесчаными аллювиально-пойменными отложениями была связана с экологией незарегулированных пойм. При резко изменившихся лесорастительных условиях в связи с зарегулированием речного стока корни дуба больше не могут осваивать песчаные слои почв в силу их недостаточной влагоемкости*. Это подтверждают наши многочисленные раскопки корневых систем дуба на

* Дуб черешчатый как мезофит не может произрастать на песке даже в лесной зоне в условиях резкого сокращения расхода воды в половодья в результате зарегулирования стока. Корневая система дуба осваивала песчаные слои аллювиальных почв только за счет значительного регулярного дополнительного увлажнения их в паводки, имевшего место при естественном гидрологическом режиме рек.

Волжской пойме, а также многолетние исследования лаборатории выращивания защитных насаждений в поймах рек [19, 20].

Несмотря на смягчающее действие пойменных условий, климат исследуемого района умеренно континентальный, средняя температура января $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, июля $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$, осадков около 500 мм в год. В холодные зимы в пойменных дубравах в наибольшей степени поражаются морозом деревья дуба [5], что можно также рассматривать как одну из причин их дигрессии в северной климатической фации.

А. Высотно-топографический ряд пойменных дубрав по мере повышения их положения над меженным уровнем реки

I. Группа ассоциаций: дубняки папоротниково-крапивные
(*Querceta matteuccio-urticosa*)

Тип леса – дубняк папоротниково-крапивный (индекс $D_{п.кр}$). Тип лесорастительных условий (ТЛУ) по П. С. Погребняку [15] – D_4 . Тип условий местопроизрастания (ТУМ) по Б. П. Колесникову [7] – наиболее пониженные местообитания дубрав в пойме.

Ассоциация пойменных дубрав с покровом из *Matteuccia struthiopteris*, *Urtica dioica*, *Equisetum pratense* и др. была описана К. К. Полуяхтовым и Л. К. Давидюк [16] в Затонском лесхозе Нижегородской области.

В данной группе нами выделены следующие ассоциации:

I.1. Дубняк страусниково-хвощово-крапивный (*Quercetum matteuccio-equisetosum-urticosum*). Занимает самые пониженные местопроизрастания дубрав в высотном-топографическом ряду долинных дубняков северной климатической фации.

I.2. Дубняк страусниково-крапивный (*Q. matteuccio-urticosum*). Располагается чуть выше предыдущей ассоциации в данном ТУМ.

II. Группа ассоциаций: дубняки снытевые (*Querceta aegopodiosa*)

Тип леса: Дубняк снытевый ($D_{сн}$) ТЛУ – D_3 . ТУМ – выровненные сравнительно низкие участки дубравных местообитаний (относительно невысокие подтапливаемые повышения переходной пологогравистой поймы).

Дубняки снытевые ранее описаны А. К. Денисовым [3] в Камско-Ветлужском Заволжье, Г. В. Добровольским и др. [6] в Марий-Эл, М. П. Шиловым [18] в долине р. Клязьмы Владимирской области, Л.К. Давидюк [2] в пойме р. Ветлуги в Воскресенском лесхозе Нижегородской области.

В данной группе нами выделены следующие ассоциации:

II.1. Дубняк крапивно-снытевый (*Quercetum urticoso-aegopodiosum*). Занимает самые пониженные участки данного ТУМ.

II.2. Дубняк снытевый (*Q. aegopodiosum*). Располагается несколько выше предыдущей ассоциации, на средних по высоте участках.

II.3. Дубняк пролесниково-снытевый (*Q. mercurialo-aegopodiosum*). Занимает самые повышенные участки в данном ТУМ, т.е. располагается выше предыдущей ассоциации.

III. Группа ассоциаций: дубняки ландышевые (*Querceta convallariosa*)

Тип леса – дубняк ландышевый. ($D_{лн}$). ТЛУ – D_2 . ТУМ – редко заливаемые повышенные дубравные гривы переходной поймы. В пойме Средней Волги описаны К. К. Полуяхтовым и Л. К. Давидюк [16].

По нашим данным, в связи с явным доминированием ландыша майского (*Convallaria majalis* L.) представлены одной ассоциацией:

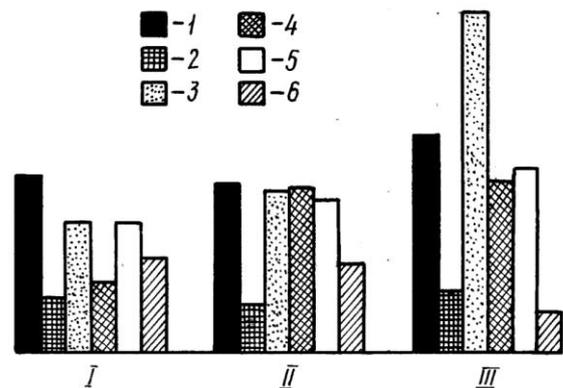
III.1. Дубняк ландышевый (*Quercetum convallariosum*).

Таким образом, высотно-топографический ряд пойменных ассоциаций в климатической фации северных дубняков может быть представлен следующим образом по мере повышения их положения над межени реки: страусниково-хвощово-крапивная – страусниково-крапивная – крапивно-снытевая – снытевая – пролесниково-снытевая – ландышевая.

Б. Анализ антропогенной динамики пойменных дубрав путем определения стадий их дигрессии в сложившихся лесорастительных условиях

В связи с возрастанием роли антропоургических факторов крайне важно установить степень aberrации от природного ряда развития через предлагаемую нами шкалу стадий дигрессии. При этом необходимо учесть, что антропогенной трансформации подвергается весь биогеоценоз в целом, а не отдельные его компоненты.

Для решения задачи нами предлагается наглядная система гистограмм (см. рисунок), связывающая воедино интегральные показатели всех основных компонентов лесной экосистемы. При этом древостой характеризуется прежде всего полнотой, которая определяет, насколько использовано данное местопроизрастание эдификаторной синузией леса; запасом ($m^3/га$) как количественным показателем древесной продуктивности на единице площади. Густота подроста характеризуется числом экземпляров на 1 га. Развитость подлеска определяется его сомкнутостью в долях единицы. Степень



Системы гистограмм распределения среднестатистических базовых количественных показателей по типам леса (группам ассоциаций): I – дубняки папоротниково-крапивные; II – снытевые; III – ландышевые; 1 – полнота древостоя; 2 – запас древостоя; 3 – подрост; 4 – подлесок; 5 – лесные; 6 – луговые и сорные виды травянистых растений; в квадратах указанных в обозначениях размеров соответственно полнота – 0,1; запас – $100 m^3$ на 1 га; подрост – 1 тыс. экз. на 1 га; подлесок – 0,1 сомкнутости; травянистые растения – 10 % флористического состава

антропогенных изменений травяно-кустарничкового яруса устанавливают, анализируя его флористический состав с выделением ценоморф по А. Л. Бельгарду [1]: лесные (сильванты), луговые (пратанты), болотные (палюданты), степные (степанты) и сорные (рудеранты) виды.

Комплекс этих показателей учитывается при определении стадии дигрессии по предлагаемой нами шкале. Для каждой изученной группы ассоциаций (типа леса) она проиллюстрирована на рисунке системой гистограмм, графически объединяющей все перечисленные показатели. Такая наглядная интеграция базовых средних показателей основных компонентов лесного фитоценоза по типам леса позволяет вывести усредненные характеристики современного состояния пойменных дубрав исследуемого региона по вполне определенным типам условий местопроизрастания* долинных дубняков. При этом также необходима поправка на средний возраст, чтобы дополнительно определить, какие стадии восстановительно-возрастной динамики дубравных биогеоценозов преобладают в настоящее время в каждом ТУМ. Важность этого критерия в нашем конкретном случае возрастает в связи с тем, что в подавляющем большинстве случаев долинные дубняки представлены порослевыми древостоями уже 3-4-й и далее генераций при практически полном отсутствии благонадежного семенного возобновления дуба под пологом, и поэтому их возрастная структура определяется прежде всего сложившимся за последнее столетие режимом рубок в различных дубравных участках долины.

Феноменом современного возрастного состояния пойменных дубняков является установленный нами факт, что средний их возраст уменьшается по мере повышения ТУМ над меженным уровнем реки, что также подтверждается массовыми данными систематических лесоустроительных материалов региона. В группе ассоциаций (типе леса) дубняки папоротниково-крапивные, занимающей наиболее пониженные дубравные местообитания в пойме, средний возраст дубовых древостоев 137 лет, в дубняках снытевых – 66 лет, ландышевых – 60 лет. Соответственно уменьшается и степень их дигрессии по всем основным показателям, отраженным для каждого типа леса вполне определенной системой гистограмм. Как видим, по мере повышения ТУМ над меженным уровнем реки явно прослеживается тенденция улучшения всех средних показателей основных компонентов лесных фитоценозов: возрастает процент лесных видов в травяно-кустарничковом ярусе, увеличивается густота подлеска и количество подроста. Только кажущаяся на первый взгляд некоторая диспропорция в изменении средних лесотакса-

* Тип условий местопроизрастания в системе синтаксономических единиц географо-генетической классификации Б. П. Колесникова [7] входит важнейшей составной частью в определение типа леса, составляя с ним неразрывное и сопряженное единство.

ционных элементов в дубняках снытевых по сравнению с папоротниково-крапивными (средние показатели полноты и запаса здесь соответственно 0,69 и 200 по сравнению с данными предыдущих типов леса – 0,71 и 210) легко снимается поправкой на средний возраст по типам леса, который в дубняке папоротниково-крапивном в два раза больше. Это подтверждает худшее общее состояние $D_{п.кр}$ по сравнению с $D_{сн}$.

Отмеченные нами изменения обусловлены следующими антропогенными причинами.

1. Прямодействующие антропоургические факторы, прежде всего целевое хозяйственное воздействие на пойменный дубовый лес. Чаше проходятся рубками древостои на более повышенных участках как более дренированных и доступных, имеющие лучшую сортиментно-товарную структуру.

2. Косвеннодействующие факторы (резкое и скоротечное изменение гидрологического режима поймы в результате зарегулирования стока), которые преломляются через эколого-генетический ряд развития долинных дубрав. По логике естественного развития максимумом устойчивости и продуктивности характеризуются ландышевые дубняки как кульминация заданного природой ряда генезиса, дубрав в пойме, минимумом – дубняки папоротниково-крапивные как лишь инициальное звено становления дубравного этапа гологенетической сукцессии лесной растительности долины*. Поэтому последние наиболее подвержены воздействию изменения гидрологического режима долины реки и находятся в настоящее время преимущественно на 3-й стадии антропогенной дигрессии. Лесные фитоценозы в группе ассоциаций (типе леса) дубняки снытевые сейчас находятся в среднем на 2–3-й стадиях дигрессии. Дубняки ландышевые, обладающие максимальной инертностью природного процесса в противовес его антропогенным нарушениям, сохраняются на 1–2-й стадиях дигрессии. Однако природных дубравных фитоценозов, не затронутых в той или иной степени антропогенной дигрессией, теперь уже практически нет по всей Волжской пойме.

Выводы

1. Пойменные дубравы климатической фации северных дубняков находятся в самом лучшем состоянии по сравнению с долинными дубняками других климатических фаций. Но это не должно никоим образом успокаивать, так как большая часть пойменных дубрав южной климатической фации находится в катастрофическом состоянии.

2. В подавляющем большинстве случаев здесь, как и во всем Волжском бассейне, дубравы представлены порослевыми (низкоствольными) древостоями уже 3–4-й и далее генераций.

* Дубняки снытевые занимают промежуточное положение между папоротниково-крапивными и ландышевыми.

3. Самым тревожным симптомом является отсутствие благонадежного семенного возобновления дуба черешчатого в пойменных дубравах.

4. В отличие от других климатических фаций здесь есть благонадежный подрост пород-спутников под пологом долинных дубняков. Это значит, что в ближайшее время произойдет смена дуба липой, осиной, отчасти кленом. Подрост вяза неблагонадежен из-за поражаемости голландской болезнью.

5. По сравнению с пойменными дубравами южной климатической фации травяно-кустарничковый ярус представлен гораздо большим долевым участием неморальных видов. Здесь они явно преобладают.

6. В связи со складывающейся ситуацией нужны срочные меры по сохранению дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) как биологического вида. Оптимальный путь – замена порослевых (низкоствольных) дубрав семенными (высокоствольными).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. – Киев, 1950. – 263 с.
2. Давидюк Л.К. Пойменные дубравы р. Ветлуги Воскресенского лесхоза Горьковской области // Учен. зап. Горьковск. ун-та. Сер. биол. – 1974. – Вып. 157. – С. 76–78.
3. Денисов А.К. Пойменные дубравы лесной зоны (По данным исследования пойменных дубрав Камско-Ветлужского Заволжья). – М.; Л., 1954. – 84 с.
4. Денисов А.К. Развитие придаточных корней в песчаном аллювии древесными и кустарниковыми породами южной тайги // Бот. журн. – 1960. – Т. 45, № 10. – С. 1516–1522.
5. Денисов А.К. Поражаемость древостоев морозобойными трещинами в связи с типами леса // Лесоведение. – 1968. – № 4. – С. 56–61.
6. Добровольский Г.В. и др. Пойменные лесные почвы Марийского Заволжья / Г.В. Добровольский, И.В. Якушевская, Л.В. Алешукин, С.К. Онищенко // Пойменные почвы Русской равнины. – М., 1963. – Вып. 2. – С. 158–172.
7. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока // Тр. ДВФ АН СССР. Сер. бот. – М.; Л., 1956. – Т. 2(4). – 261 с.
8. Колесников Б.П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение. – 1974. – № 2. – С. 3–20.
9. Невидомов А. М. Схема географо-генетической классификации типов леса северной части Волго-Ахтубинской поймы. – М., 1989. – 34 с. – Деп. в ВИНТИ АН СССР, № 4971-В.
10. Невидомов А.М. Состояние лесных фитоценозов Волго-Ахтубинской поймы в связи с интенсивными процессами засоления почв // Бот. журн. – 1993. – Т. 78, № 12. – С. 99–110.
11. Невидомов А.М. Эколого-фитоценотические закономерности распределения ассоциаций тополевых лесов пойм юго-востока европейской России // Бот. журн. – 1994. – Т. 79, № 12. – С. 47–58.
12. Невидомов А.М. Типологическая классификация пойменных дубовых лесов на юго-восточной границе ареала дуба черешчатого // Лесоведение. – 1995. – № 4. – С. 74–86.

[13]. *Невидомов А.М., Логинова Т.Д.* Ксерофитизация растительного покрова северной части Волго-Ахтубинской поймы в связи с зарегулированием речного стока // Бот. журн. – 1993. – Т. 78, № 1. – С. 59–68.

14. *Невидомов А.М., Невидомова-Малаха Е.В., Ненюков С.О.* Типы пойменных дубрав нижнего течения р. Оки // Лесн. журн. – 2000. – № 2. – С. 22–30. – (Изв. высш. учеб. заведений).

15. *Погребняк П.С.* Основы лесной типологии / 2-е изд. – Киев, 1955. – 456 с.

16. *Полуяхтов К.К., Давидюк Л.К.* Пойменные дубравы Затонского лесничества Борского лесхоза Горьковской области // Учен. зап. Горьковск. гос. ун-та. Сер. биол. – 1973. – Вып. 162. – С. 49–55.

17. *Файзуллина С.Я.* Памяти Александра Константиновича Денисова // Бот. журн. – 1993. – Т. 78, № 11. – С. 101–108.

18. *Шилов М.П.* Растительные сообщества и их комплексы в пойме р. Клязьмы Владимирской области // Учен. зап. Владимирск. пед. ин-та. Сер. бот. – 1971. – Вып. 2. – С. 67–131.

19. *Шульга В.Д.* Анализ новых лесорастительных условий пойм юго-востока ЕТС // Бюл. ВНИАЛМИ. – 1986. – Вып. 2(48). – С. 4–10.

20. *Шульга В.Д., Азовцев В.В., Максимов А.Н.* Лесорастительные условия пойм юго-востока ЕТС // Лесн. хоз-во. – 1987. – № 4. – С. 23–25.

Государственное научно-исследовательское
предприятие по подсочке леса и
лесохимическому сырью «Янтарь»
Нижегородский государственный
педагогический университет

Поступила 30.08.2000 г.

A.M. Nevidomov, E.V. Nevidomova-Malakha

Associations of Flood Plain Oakeries of Nizhny Novgorod Volga Area

The typological characteristic of lowland oakeries related to northern climatic fauna is provided. The associations and their groups are characterized. The stage scale of their anthropogenic digression is developed.

УДК 630*5

О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина

Неволин Олег Алексеевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета, заслуженный лесовод России. Имеет 125 печатных трудов в области изучения высокопродуктивных лесов Севера и организации хозяйства в них, истории лесного хозяйства и лесоустройства.



Третьяков Сергей Васильевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет 35 печатных трудов в области изучения лесных ресурсов и лесопользования, закономерностей роста и продуктивности смешанных лесов Севера.



Еремина Ольга Олеговна родилась в 1956 г., окончила в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры геодезии и земельного кадастра Архангельского государственного технического университета. Имеет 10 печатных трудов в области возобновления и продуктивности сосновых лесов Севера.



ДИНАМИКА СОСНОВО-БЕРЕЗОВОГО НАСАЖДЕНИЯ В ТИПЕ ЛЕСА СОСНЯК-КИСЛИЧНИК И ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РУБОК УХОДА

По результатам исследований на постоянной пробной площади проанализировано изменение таксационных показателей древостоя. Установлено повышение его продуктивности под воздействием рубок ухода.

динамика, сосняк-кисличник, эффективность, рубки ухода.

Стационарное изучение роста смешанных насаждений имеет большое значение для науки и практики лесного хозяйства. Накопление научкой фактических данных об их формировании, росте и продуктивности позволит не только составить новые таблицы хода роста и другие таксационные нормативы, но и поднять уровень ведения лесного хозяйства.

Исследования на постоянных пробных площадях в смешанных высокопродуктивных сосняках Европейского Севера России начаты кафедрой лесной таксации и лесоустройства АГТУ в 1963 г. и продолжаются в настоящее время [1,5, 6, 8, 10].

В нашей работе изложены основные результаты 36-летних исследований* на постоянной пробной площади № 1, заложенной в смешанном 45-летнем сосново-березовом насаждении II класса бонитета в Березниковском лесхозе Архангельской области. Тип леса сосняк-кисличник (*Pinetum betuleto-oxalidozum*). Насаждение послепожарного происхождения возникло в 1918 г. на гари 1916 г. и произрастает на мощном легкосуглинистом подзоле, развивающемся на среднем суглинке. Новое поколение одновозрастного сосново-березового древостоя дали одиночные сосны, уцелевшие при пожаре [7], и березы, растущие в соседнем ельнике-черничнике, не затронутом лесным пожаром. По периметру пробной площади отграничена охранная полоса шириной 50 м. В мае 1964 г. на части пробной площади (20 × 30 м) проведены показательные рубки ухода (проходные).

Исследования на пробной площади проводились в 1963–1964, 1976 и 1999 гг. Основные таксационные показатели исследуемого древостоя в обеих секциях пробной площади приведены в табл. 1.

Таблица 1

Таксационные показатели	Значение показателей по годам исследования			Изменение показателей	
	1963 – 1964	1976	1999	за 36 лет	в среднем за год
	Состав древостоя	7С3Б,ед.Ос 7С3Б,ед.Ос	7С3Б+Ос 8С2Б,ед.Ос	7С2Б1Ос 8С2Б+Ос	–
Возраст, лет:					
сосны	<u>46</u> 46	<u>59</u> 59	<u>82</u> 82	36	1
березы	<u>47</u> 47	<u>60</u> 60	<u>83</u> 83	36	1
осины	<u>47</u> 47	<u>60</u> 60	<u>83</u> 83	36	1
Средняя высота, м:					
сосны	<u>14,0</u> 14,7	<u>17,0</u> 17,1	<u>23,1</u> 24,3	<u>+9,1</u> +9,6	<u>+0,25</u> +0,27
березы	<u>13,9</u> 14,0	<u>15,2</u> 15,2	<u>20,2</u> 19,0	<u>+6,3</u> +5,0	<u>+0,18</u> +0,14
осины	<u>13,0</u> 15,0	<u>18,5</u> 18,5	<u>25,0</u> 28,6	<u>+12,0</u> +13,6	<u>+0,33</u> +0,38
ели 2-го яруса	<u>4,3</u> 4,2	<u>4,3</u> 4,4	<u>4,3</u> 4,6	<u>–</u> +0,4	<u>–</u> +0,01

* В исследованиях принимали участие студенты В.С. Коровкин и Н.Н. Ши рокий (1963), О.О. Еремина (1976) и Д.В. Еремин (1999).

Продолжение табл. 1

Таксационные показатели	Значение показателей по годам исследования			Изменение показателей	
	1963 – 1964	1976	1999	за 36 лет	в среднем за год
Средний диаметр, см:					
сосны	<u>11,0</u> 12,5	<u>15,1</u> 15,4	<u>20,4</u> 20,0	<u>+9,4</u> +7,5	<u>+0,26</u> +0,21
березы	<u>9,4</u> 9,1	<u>12,2</u> 12,2	<u>14,7</u> 14,1	<u>+5,3</u> +5,0	<u>+0,15</u> +0,14
осины	<u>10,8</u> 14,6	<u>14,6</u> 22,7	<u>26,5</u> 33,5	<u>+15,7</u> +18,9	<u>+0,44</u> +0,53
ели 2-го яруса	<u>5,2</u> 4,7	<u>5,4</u> 4,8	<u>5,9</u> 4,8	<u>+0,7</u> +0,1	<u>+0,02</u> –
Число деревьев на 1 га	<u>3720</u> 2579	<u>2647</u> 2633	<u>2140</u> 2435	<u>-1580</u> -144	<u>-44</u> -4
в том числе:					
сосны	<u>2242</u> 1385	<u>1320</u> 1216	<u>853</u> 967	<u>-1389</u> -418	<u>-39</u> -12
березы	<u>1232</u> 1007	<u>880</u> 883	<u>560</u> 567	<u>-672</u> -440	<u>-19</u> -12
осины	<u>71</u> 17	<u>60</u> 17	<u>47</u> 17	<u>-24</u> –	<u>-1</u> –
ели 2-го яруса	<u>175</u> 170	<u>387</u> 517	<u>680</u> 884	<u>+505</u> +714	<u>+14</u> +20
Класс бонитета	II	II	II	–	–
Полнота	<u>1,2</u> 0,9	<u>1,2</u> 1,1	<u>1,2</u> 1,1	– +0,2	–
Запас на 1 га, м ³	<u>228</u> 187	<u>290</u> 257	<u>436</u> 464	<u>+208</u> +277	<u>+5,8</u> +7,7
Отпад на 1 га, м ³	<u>17</u> 58	<u>46(29)</u> 72(14)	<u>83(37)</u> 88(16)	<u>+66</u> +30	<u>1,8</u> 0,8
Общая продуктивность на 1 га, м ³	<u>245</u> 245	<u>336</u> 329	<u>519</u> 552	<u>+274</u> +307	<u>+7,6</u> +8,5
Среднее периодическое накопление запаса на 1 га, м ³	<u>5,0</u> 5,0	<u>4,8</u> 5,4	<u>6,3</u> 9,0	<u>+1,3</u> +4,0	–
Средний прирост на 1 га, м ³	<u>5,2</u> 5,2	<u>5,7</u> 5,6	<u>6,3</u> 7,4	<u>+1,1</u> +2,2	–

Примечание. Здесь и далее в числителе данные без ухода, в знаменателе – с уходом. В строке «Отпад» в скобках указан текущий отпад за периоды между исследованиями.

Анализ роста сосново-березового древостоя на пробной площади показывает, что сосновая часть древостоя растет по II классу бонитета и к 80 годам занимает верхнюю половину, а в секции с уходом приближается к границе с I классом бонитета. Береза в исследуемом периоде занимает центральную часть III класса бонитета. Наиболее развитые деревья сосны, березы и осины бонитируются I и Ia классами.

Таблица 2

Порода	Запас древесины на 1 га, м ³ , в возрасте, лет		
	46	59	82
Сосна	<u>165</u>	<u>202</u>	<u>314</u>
	135	191	364
Береза	<u>59</u>	<u>76</u>	<u>91</u>
	50	60	79
Осина	<u>4</u>	<u>12</u>	<u>31</u>
	2	6	21
Итого	<u>228</u>	<u>290</u>	<u>436</u>
	187	257	464

Состав древостоя на контрольной части пробы практически не изменился. Доля сосны осталась прежней (70 %). Осина за счет более интенсивного роста несколько усилила свои позиции, и одна единица в формуле состава перешла к ней от березовой части. В секции с уходом увеличилась доля сосны, количество березы и осины уменьшилось.

Полнота, определявшаяся по стандартной таблице [9], в не тронутый рубкой ухода части древостоя оказалась неизменной (1,2); сниженная при рубке до 0,9 за истекшее 36-летие она возросла на 0,2.

Запас древесины на 1 га в древостое без ухода увеличился на 208, с уходом – на 277 м³. Проследим динамику запасов древесины по породам (табл. 2).

Анализируя приведенные в таблице данные, убеждаемся в положительном влиянии рубок ухода на накопление запаса древесины. При проходной рубке в 1964 г. было выбрано 18 % запаса сосны, 15 % березы и 50 % осины. Убирали отставшие в росте, угнетенные, больные, мешающие росту лучших и сухостойные деревья. К 82-летнему возрасту древостоя общий запас в секции с уходом превысил контроль на 6,4 %, а с учетом выбранной при рубке ухода части древесины (41 м³) – на 15,8 %. Особенно заметно увеличение запаса сосны. В сосновой части древостоя не только восстановился выбранный запас, но и оказался значительно (на 50 м³ на 1 га) выше, чем на контрольной секции пробы (соответственно в 2,7 и 1,9 раза).

Общая продуктивность (с учетом естественного отпада) после проходной рубки возросла на 307 против 274 м³/га в контроле. Среднее годовое (за 36 лет) увеличение запаса на секции с уходом 7,7, на контроле 5,8 м³/га, текущий прирост соответственно 8,5 и 7,6 м³/га.

Запас древесины сосны в исследуемом древостое к 80-летнему возрасту на 20 % выше, чем в чистых сосняках кисличниках (при одинаковой относительной полноте) [2–4]. Несомненно, это связано с положительным влиянием березы как почвоулучшающей породы.

Динамика отпада в исследуемом древостое за прошедшие 36 лет представлена в табл. 3.

Таблица 3

Период исследований	Продолжительность, лет	Отпад на 1 га					
		по числу деревьев, шт.			по запасу, м ³		
		Сосна	Береза	Осина	Сосна	Береза	Осина
1963 – 1976	13	<u>922</u>	<u>352</u>	<u>1274</u>	<u>37,8</u>	<u>8,2</u>	<u>46,0</u>
		169	124	293	10,5	3,0	13,5
1977 – 1999	23	<u>467</u>	<u>320</u>	<u>784</u>	<u>23,2</u>	<u>13,8</u>	<u>37,0</u>
		249	316	565	22,3	7,4	29,7
1963 – 1999	36	<u>1389</u>	<u>672</u>	<u>2061</u>	<u>61,0</u>	<u>22,0</u>	<u>83,0</u>
		418	440	858	32,8	10,4	43,2
В среднем в год	–	<u>39</u>	<u>19</u>	<u>58</u>	<u>1,7</u>	<u>0,6</u>	<u>2,3</u>
		12	12	24	0,9	0,3	1,2

Таблица 4

Порода	Отпад деревьев, % от первоначального количества		
	1963 – 1976 (13 лет)	1977 – 1999 (23 года)	1963 – 1999 (36 лет)
Сосна	<u>41,2</u>	<u>20,8</u>	<u>62,0</u>
	7,5	11,1	18,6
Береза	<u>28,6</u>	<u>26,0</u>	<u>54,5</u>
	10,1	25,6	35,7
Всего	<u>36,7</u>	<u>22,6</u>	<u>59,3</u>
	8,4	16,3	24,7
В среднем в год:			
	<u>3,2</u>	<u>0,9</u>	<u>1,7</u>
сосна	0,6	0,5	0,5
береза	<u>2,2</u>	<u>1,1</u>	<u>1,5</u>
	0,8	1,1	1,0
Всего	<u>2,8</u>	<u>1,0</u>	<u>1,6</u>
	0,7	0,7	0,7

Естественный отпад в древостое после проходной рубки резко снизился: по числу деревьев в 2,4, запасу в 1,9 раза. Это является следствием выборки при уходе отставших в росте, больных и угнетенных деревьев из ступеней 6 ... 14 см (32 % от общего числа, 18 % общего запаса). Таким образом, можно утверждать, что рубки ухода снижают естественные потери древесины. Естественный отпад происходит в основном за счет деревьев низших ступеней толщины. Так, у сосны к 60-летнему возрасту не осталось ни одного дерева 6-сантиметровой ступени толщины. 93 % отпада сосны приходится на тонкомерную часть древостоя (до 10 см на высоте груди). У березы эта цифра поднимается до 9,5 %.

Данные об интенсивности естественного отпада приведены в табл. 4.

Интенсивность естественного отпада деревьев с возрастом уменьшается, и основная его часть приходится на первые десятилетия жизни сосново-березового древостоя. Проведенная в 46-летнем возрасте древостоя проходная рубка резко затормозила этот процесс. Естественный отпад в первое же десятилетие после ухода снизился в 4 раза по сравнению с контрольной

секцией. В результате проходной рубки было получено 89 % товарной продукции, которую составили: подтоварник – 29, балансы – 5, колья – 45, сырье для технической переработки – 15, дрова топливные – 6 %. По исследованиям Г.А. Чибисова [11], рубки ухода в смешанных сосняках разного возраста повышают их биологическую продуктивность.

Таким образом, рубки ухода в 46-летних высокопродуктивных сосново-березовых древостоях, несомненно, дают значительный лесоводственный эффект – повышаются продуктивность и качественные показатели древостоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев И.И., Третьяков С.В. Закономерности роста и продуктивность среднетаежных сосново-еловых древостоев // Лесоводство, лесоведение, лесные пользования: Обзор. информация / ВНИИЦлесресурс. – М., 1992. – № 2. – 28 с.
2. Левин В.И. Результаты исследований динамики сосновых насаждений Архангельской области. – Архангельск, 1959. – 130 с.
3. Левин В.И. Сосняки Европейского Севера (строение, рост и таксация древостоев). – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 152 с.
4. Левин В.И., Калинин В.И. Опыт стационарного изучения продуктивности и динамики спелых сосняков-зеленомошников Севера. – Архангельск, 1972. – 43 с.
5. Неволин О.А. Основы хозяйства в высокопродуктивных сосняках Севера. – Вологда Сев.-Зап. кн. изд-во: Вологод. отд-ние, 1969. – 103 с.
6. Неволин О.А. О долговечности сосны в условиях Севера // Лесн. журн. – 1985. – № 1. – С.18–22. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Неволин О.А. Динамика сосново-березового насаждения высшей продуктивности // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб науч. тр. – Красноярск, 1991. – С. 81–87.
8. Неволин О.А., Третьяков С.В., Еремина О.О. Динамика сосново-березового насаждения при проточном увлажнении почвы в типе леса сосняк-кисличник // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 35–41. – (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Полевой справочник таксатора / И.И. Гусев, В.И. Калинин, О.А. Неволин и др. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1971. – 196 с.
10. Третьяков С.В. Формирование возрастной структуры сосново-еловых древостоев // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб науч. тр. – Красноярск, 1987. – С. 65–71.
11. Чибисов Г.А. Биологическая продуктивность сосняков, формируемых рубками ухода // Лесн. журн. – 1997. – № 5. – С. 7–16. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 27.03.01

O.A. Nevolin, S.V. Tretyakov, O.O. Eremina

**Dynamics of Pine-birch Stands in Pinetum Betuleto-oxalidozum
and Silviculture Efficiency of Thinning**

Changing of the stand assessment data has been analyzed based on the investigation results of permanent test area. Its productivity growth under the influence of thinning has been derived.

УДК 630*905.2(470.22)

О.И. Гаврилова, И.К. Савин

Гаврилова Ольга Ивановна родилась в 1957 г., окончила в 1979 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства ПГУ. Имеет 16 печатных работ в области выращивания посадочного материала и исследования лесных культур.



Савин Игорь Константинович родился в 1954 г., окончил в 1977 г. Ленинградский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной теплотехники и энергосбережения Петрозаводского государственного университета, академик Международной академии холода. Имеет более 120 печатных работ по изучению механизма и закономерностей воздействия электрического поля на процессы фазовых переходов, разработке новых систем охлаждения и термостабилизации, использованию древесных отходов в энергетике.



ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЛЕСФОНДА РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX в.

Приведены сведения об изменении площадей и запасов хвойных и лиственных лесов, их возраста и среднего запаса по отношению к данным 1956 г. Проанализировано распределение площадей по возрастным категориям. Сделаны выводы о перспективах развития лесопромышленного комплекса и необходимости регулирования состава молодняков на вырубках.

рубки, расчетные лесосеки, перерубы, недорубы, запасы, возрасты, возобновление.

Анализ освоения лесного фонда Республики Карелия сделан на основе архивных данных и Государственных докладов о состоянии окружающей среды. Лесопользование в лесах Карелии в настоящее время осуществляется рубками главного (сплошные и выборочные) и промежуточного (рубки ухода) пользования. Однако до 80-х гг. более 96 % всей древесины заготавливалось при рубках главного пользования.

Общая площадь лесного фонда Карелии по состоянию на 01.01.99 г. равна 14,8 млн га, в том числе покрытая лесом 9,1; с преобладанием хвойных пород 8,1 млн га. Общий запас леса на корню составляет 913 млн м³, на долю спелых и перестойных лесов (старше 100 лет) приходится 48 % общего запаса.

В послевоенный период (1946–1950 гг.) ежегодный объем лесозаготовок был на уровне 1940 г. – около 10 млн м³. Географическое положение Карелии и относительно неплохое транспортное освоение ее лесных массивов определило в дальнейшем наращивание объемов лесозаготовок. В 1955 г. отпуск леса составил 12,9, в 1960 г. – 17,4, в 1965 г. – 18,5 млн м³. Максимум отпуск леса достиг в 1967 г. – почти 19 млн м³. По настоянию научных, проектных и производственных организаций в основном лесохозяйственного профиля было принято постановление о приведении размера пользования к уровню расчетной лесосеки, установленной в объеме 14,3 млн м³ (1966 г.). Произошло постепенное снижение объемов заготовки леса, и в 1975 г. при главном пользовании было заготовлено 14,3 млн м³, т. е. отпуск леса сравнялся с расчетной лесосекой (рис. 1). Однако к этому времени расчетная лесосека не соответствовала фактическому состоянию лесного фонда.

Напряженный лесосырьевой баланс сложился в Карелии в 1975–1977 гг. Одной из основных причин оказался значительный переруб расчетной лесосеки в целом и особенно по хвойному хозяйству в 1965–1978 гг., так как технологии деревообрабатывающих производств были ориентированы на потребление высококачественного, преимущественно хвойного древесного сырья. Нерациональное использование лесосечного фонда предопределило дальнейшее снижение расчетной лесосеки.

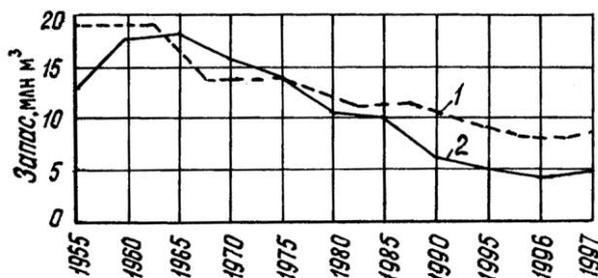


Рис. 1. Расчетная лесосека (1) и фактический объем рубки (2)

В результате неправильного лесопользования в республике сформировался так называемый децентрализованный эксплуатационный фонд (т. е. небольшие участки спелого леса, обойденные рубкой). Естественно, что освоение таких участков из-за низкой концентрации запаса на единице общей площади обходится значительно дороже, чем освоение массивов, не тронутых лесозаготовкой. С 1980 г. наблюдается тенденция снижения объемов лесозаготовок. Экономический кризис еще больше усугубил положение в лесопромышленном комплексе. Объемы лесозаготовок катастрофически снижаются, за последние два года объем фактически вырубленной древесины составляет около 60 % от расчетной лесосеки, которая в настоящее

время равна 8,8 млн м³. При этом освоение расчетной лесосеки лесов I группы увеличилось с 30 ... 33 % в 1990–1992 гг. до 56 % в 1997 г.

За последние годы значительно возросла доля древесины, заготавливаемой при рубках промежуточного пользования, от общего объема лесозаготовок. Если в 80-х гг. рубками ухода заготавливалось не более 5 %, то в настоящее время около 9 %. По данным лесоустройства, объем древесины, поступающей при рубках ухода, может составлять более 2 млн м³, или 26 % объема рубок главного пользования; фактически же осваивается 23 ... 29 % расчетной лесосеки промежуточного пользования.

Структура лесного фонда Республики Карелия существенно изменилась при интенсивном его использовании в послевоенные годы. В 70–80-е гг. размеры лесопользования составляли, по данным Госкомлеса РК, 12 ... 14 млн м³ (около 100 тыс. га вырубки леса ежегодно). Рубка насаждений не всегда проводилась способами, обеспечивающими замещение высокопродуктивных древостоев на равные по ценности (условно-сплошные и сплошные концентрированные рубки). Согласно архивным данным по выделению в Олонецкой губернии «корабельных рош», большинство лесов (по разным источникам от 80 до 90 %) были сосновыми. Сейчас сосновые леса составляют в целом около 50 % площади лесного фонда, а на 40 ... 50 % площади растут вторичные еловые и березовые древостои.

При анализе лесного фонда были рассмотрены как возрастная структура лесов, так и соотношение запасов и площадей разных лесобразующих пород. Источником информации служили данные отчетов Государственного комитета по лесу и экологии Республики Карелия.

Общий запас лесного фонда с 1020 млн м³ в 1956 г., когда началось интенсивное использование лесов, снизился до 781 млн м³ в 1983 г., после чего к концу 90-х гг. увеличился до 913 млн м³. Уменьшение может быть обусловлено не только размерами рубки, но и передачей части земель из Гослесфонда для сельскохозяйственного пользования под строительство и военные объекты. Возрастание общего запаса связано, в первую очередь, с общим кризисом производства, что привело к уменьшению размеров лесопользования. При этом вырубались спелые и перестойные леса, размеры рубок ухода были незначительными, что и вызвало относительное омоложение лесов. Средневозрастные леса характеризуются

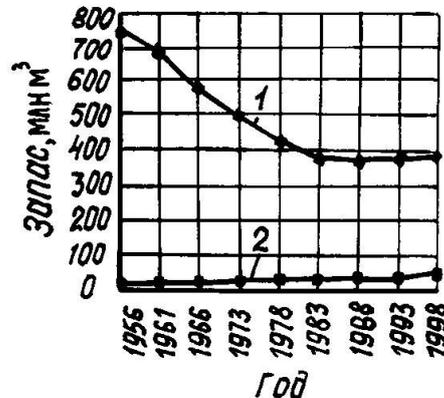
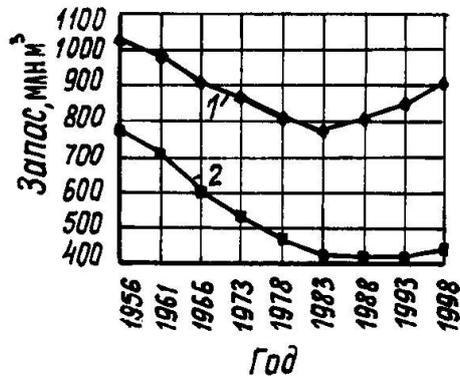


Рис. 2. Изменение запасов: 1 – общего; 2 – спелых лесов

Рис. 3. Изменение запасов лесов: 1 – хвойных; 2 – лиственных

большим текущим приростом, и это тоже в некоторой степени отразилось на общем запасе (рис. 2). Запас спелых и перестойных лесов в эти годы также существенно изменился: с 775 до 412 млн м³ в 1988 г., и только к 1998 г. он возрос до 436 млн м³.

При рассмотрении общего запаса хвойных и лиственных спелых и перестойных лесов наблюдается несколько иная картина. Запас хвойных спелых лесов за истекшие 40 лет уменьшился с 756 до 384 млн м³, причем в течение последних 15 лет он практически постоянен (рис. 3). Запас спелых лиственных лесов увеличился с 20 до 52 млн м³. Спелые мягколиственные леса в республике в основном остаются невостребованными, и потому их запас постоянно увеличивается.

Несмотря на объективные сложности при проведении лесовосстановительных работ, в настоящее время Госкомлес РК уделяет данному вопросу пристальное внимание (приобретение новой техники и технологий по выращиванию посадочного материала, переработке лесосеменного сырья), что позволило сохранить общую лесистость территории. Она увеличилась с 47,3 % в 1956 г. до 52 % в 1998 г., хотя в 1973 г. составляла 45 %.

Отношение площадей, покрытых лесом, по годам к площадям в 1956 г. почти для всех пород больше единицы (см. таблицу), т. е. произошло их увеличение. Так, в 1998 г. этот коэффициент равнялся 1,114 для всей лесной площади, 1,084 для хвойных, 1,115 для площадей, покрытых сосной, 1,030 для еловых, 1,440 для всех лиственных, 1,410 для березы и 1,480 для осины. Из таблицы видно относительное уменьшение площадей хвойных пород до конца 60-х гг., которое происходило в первую очередь за счет уменьшения площадей сосны, в то время как площади, занятые елью, существенно не изменялись. Однако с 1983 г. площади сосновых лесов начали стабильно увеличиваться и к 1998 г. составили 1,105 по отношению к 1956 г.

Год	Соотношение площадей, покрытых лесом						
	Лесная	Хвойные	Сосна	Ель	Лиственные	Береза	Осина
1956	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1961	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1966	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1973	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1978	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1983	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1988	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1993	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1998	1,114	1,084	1,115	1,030	1,440	1,410	1,480

1956	1	1	1	1	1	1	1
1961	0,976	0,955	0,928	1,020	1,200	1,150	1,415
1966	0,941	0,908	0,870	0,995	1,300	1,200	2,000
1973	0,983	0,934	0,901	1,010	1,520	1,416	2,490
1978	1,002	0,951	0,916	1,030	1,550	1,450	2,615
1983	1,060	1,014	0,994	1,060	1,550	1,470	2,313
1988	1,080	1,050	1,050	1,040	1,416	1,370	2,315
1993	1,080	1,060	1,070	1,020	1,350	1,310	1,570
1998	1,114	1,084	1,105	1,130	1,440	1,416	1,487

Соотношение запасов для тех же возрастных категорий насаждений иное (рис. 4). При общем уменьшении запаса с 1 в 1956 г. до 0,560 в 1983 г. запас спелых лесов снизился до 0,531 в 1988 г. Относительный запас особенно сильно уменьшился для хвойных пород (0,50), в том числе для сосновых лесов до 0,440. Это свидетельствует прежде всего о неудовлетворительном возобновлении хвойных пород на вырубках и о произошедшей на них смене пород более конкурентоспособными лиственными. В будущем, при наличии семенников ели, на этих площадях можно ожидать возобновление ели. Во многих случаях оно не наблюдается, тогда формируется мягколиственное насаждение, часто к тому же вегетативного происхождения.

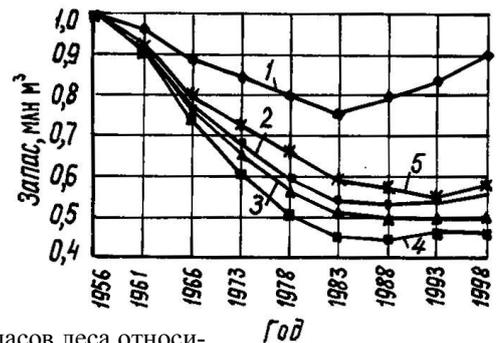
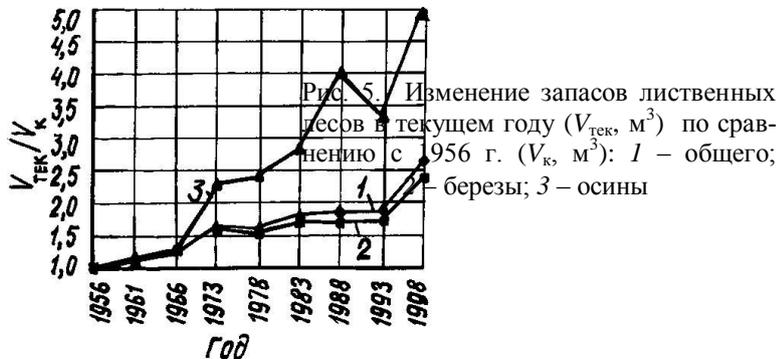


Рис. 4. Изменение запасов леса относительно 1956 г.: 1 – общего; 2 – спелых; 3 – хвойных; 4 – сосны; 5 – ели

Таким образом, по сравнению с 1956 г. запас древесины сосны и ели снижается примерно наполовину. Кроме того, существует довольно большой процент защитных, водоохранных и заповедных земель, которые имеют существенные ограничения в объемах пользования. Приведенные соображения свидетельствуют о возможном уменьшении в будущем объемов заготовки леса.

Правительством Республики Карелия и Госкомлесом РК был принят ряд шагов для исправления наметившейся тенденции, в результате за последние 15 лет ситуация несколько стабилизировалась. Однако в целом уменьшение запасов древесины хвойных пород не может быть признано позитивным фактом.

За тот же период времени произошло увеличение не только площадей лиственных пород в 1,5 раза (см. таблицу), но и запаса примерно в 3–5 раз (рис. 5). Несмотря на то, что в последние годы древесина лиственных пород имеет сбыт, увеличение их запасов, особенно в молодых и средневозрастных лесах, может свидетельствовать о неудовлетворительном



возобновлению хвойных молодняков. В целом возрастание объемов спелых лиственных насаждений может иметь положительный эффект для экономики республики при условии поиска рынка сбыта древесины.

Однако в большей степени изменение структуры спелых лесов будет характеризоваться соотношением запасов хвойных (V_x , m^3) и лиственных (V_l , m^3) лесов (рис. 6). Как видно из рисунка, с началом интенсивной эксплуатации хвойных лесов соотношение запасов до середины 70-х гг. менялось достаточно интенсивно, однако уже в конце 70-х гг. оно несколько стабилизировалось, и сейчас запас хвойных спелых лесов примерно в 7 раз больше запасов спелых лиственных лесов. Для сравнения скажем, что в 1956 г. превышение было в 38 раз. Такое положение дел объясняется не только снижением запаса спелых хвойных лесов вследствие их интенсивной вырубке (рис. 4), но и возрастанием запаса спелых лиственных лесов (рис. 5) ввиду их не востребоваваемости и перехода с течением времени из одной возрастной категории в другую.

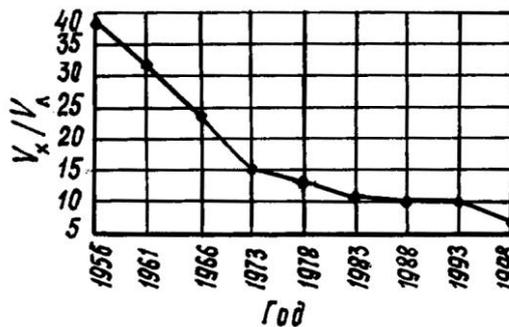


Рис. 6. Соотношение запасов хвойных и лиственных спелых лесов

О том, насколько мал был объем заготовки древесины, говорит распределение площадей по возрастным категориям в 1956 г. (рис. 7, а). Площадь молодняков составляла только 10 % от всей лесопокрытой, средневозрастных лесов – 14 %, спелых и перестойных – 66 %. Безусловно, такое распределение говорит о наличии большой сырьевой базы и слабой интенсивности использования лесосеки.

Начиная с конца 60-х гг., площади молодняков постепенно увеличивались и уже к началу 80-х гг. составляли более трети лесной площади. Столь же стремительно уменьшалась площадь спелых и перестойных лесов,

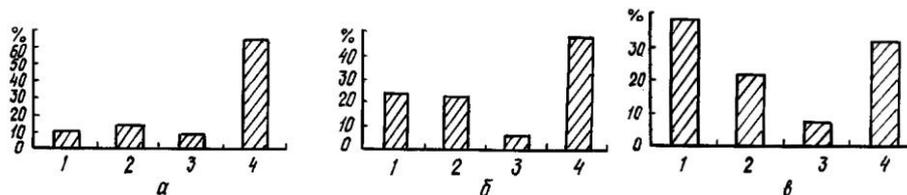


Рис. 7. Распределение площадей по возрастным категориям: а – 1956 г.; б – 1973 г.; в – 1998 г.; 1 – молодняки; 2 – средневозрастные; 3 – приспевающие; 4 – спелые и перестойные

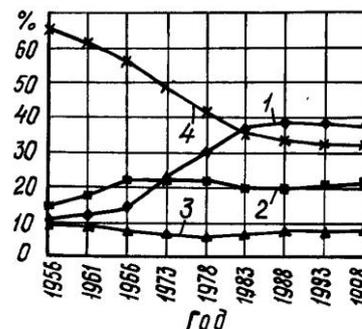
которая в 1973 г. была менее 50 % (рис. 7, б). Площадь средневозрастных насаждений начала существенно увеличиваться, а приспевающих практически не изменилась.

К концу 90-х гг. распределение площадей уже иное (рис. 7, в). Постепенно снизились темпы их резкого изменения, что связано с некоторым уменьшением объемов заготовки древесины. К этому времени площади молодняков возросли до 38 %, в то время как площади спелых и перестойных насаждений уменьшились до 32 %. Площади средневозрастных и приспевающих насаждений остались практически на уровне 70-х гг.

Идеальным считалось бы равномерное распределение древостоев по классам возраста, при котором категория молодняков и средневозрастных насаждений не должна быть около 35 %, как и категория спелых и перестойных насаждений.

Каких изменений следует ожидать в будущем? Постепенно предприятия начинают наращивать объемы производства, и в ближайшее время размер лесопользования может приблизиться к расчетной лесосеке. Таким образом, опять могут возрасти площади молодняков и средневозрастных насаждений. На наш взгляд, наиболее негативным моментом в структуре лесфонда по возрастам является малый объем приспевающей древесины, что не позволяет в ближайшее время говорить о перспективах увеличения объемов лесозаготовки. Эта категория древостоев будет увеличиваться только через 40 ... 50 лет. Запасы спелой древесины достаточно велики, и хотя они представлены низкобонитетными, а также сильно удаленными от транспортных путей насаждениями, на наш взгляд, в республике имеется большой запас для будущего лесопользования (рис. 8).

Рис. 8. Изменение возрастной структуры лесов Карелии: 1 – молодняки; 2 – средневозрастные; 3 – приспевающие; 4 – спелые и перестойные



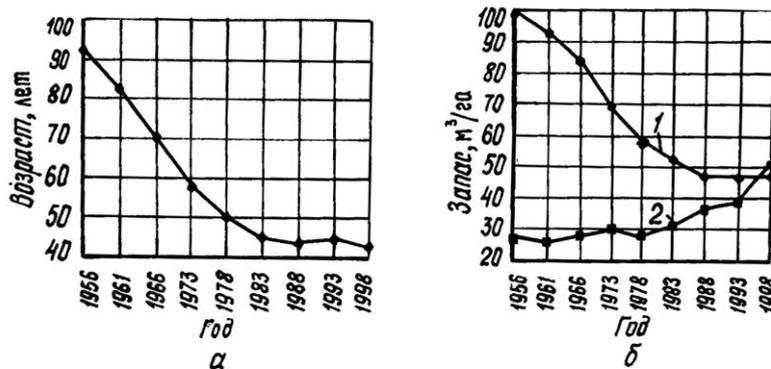


Рис. 9. Изменение среднего возраста хвойных лесов (а) и средний запас на 1 га спелых и перестойных лесов (б): 1 – хвойные; 2 – лиственные

По данным отчетов Госкомлеса РК за разные годы был рассчитан средний возраст лесов республики. С 92 лет в 1956 г. он довольно существенно уменьшался вплоть до 1983 г. и в течение последних 15 лет практически остается на уровне 45-46 лет. Если учесть, что сейчас треть лесов Карелии представлена спелыми и перестойными лесами, то этот возраст довольно невелик. Однако положительно уже то, что за последние годы он не снижается столь стремительно, как прежде (рис. 9, а). При этом максимальный прирост характерен как раз для средневозрастных насаждений.

Средний запас на 1 га спелых и перестойных хвойных и лиственных лесов изменялся в течение последних 40 ... 45 лет тоже по-разному (рис. 9, б). Средний запас хвойных довольно резко уменьшался до 1988 г., когда начали существенно снижаться объемы заготовки древесины. Средний запас лиственных пород даже увеличился, что говорит о необходимости использования этой древесины в гораздо больших объемах, чем сейчас. Необходимы новые рынки сбыта для этой категории сырья, для нужд мебельной, топливной или энергетической промышленности.

Выводы

1. Общая величина и структура лесфонда Республики Карелия за изучаемый период существенно изменились, что говорит об активной лесоэксплуатации.

2. Общий запас древесины в лесах несколько уменьшился, однако к началу 90-х гг. снова возрос. Запас спелых лесов за прошедшие 50 лет уменьшился почти наполовину, хотя все еще достаточно велик.

3. Запасы хвойных и лиственных лесов изменяются по-разному, как и средний запас на 1 га: существенно уменьшаются для хвойных и возрастают для лиственных.

4. Общая лесистость территории за прошедшие 40 лет не изменилась, однако существенно уменьшились площади сосняков и увеличились площади мягколиственных насаждений.

5. Средний возраст лесов снизился с 92 до 46 лет.

6. Возрастная структура лесопокрытой площади изменилась. Молодняки составили почти 40 %, в то время как приспевающие леса – только 8 % от общей площади. Спелые и перестойные леса сегодня занимают почти треть лесов покрытой площади Карелии.

7. В ближайшие годы запас спелой древесины может обеспечить нужды лесной промышленности, однако при этом не следует превышать расчетную лесосеку.

8. Особое внимание необходимо уделить вопросам возобновления хвойными породами, причем учитывать при искусственном лесовосстановлении почвенно-грунтовые условия местообитания для определения породного состава будущих лесов.

Петрозаводский государственный
университет

Поступила 29.05.2000 г.

O.I. Gavrilova, I.K. Savin

**Change of Wood Stock Structure
of the Republic of Karelia in the Second Half of XX Century**

Data on area and stock changes of coniferous and deciduous forests, their age and average stock in relation to the data of 1956 are provided. Distribution of areas according to the age categories is analyzed. Conclusions about the prospects of forest industry development and necessity of regulating the young growth structure on cutover areas are drawn.

УДК 630*182.58:504.054:628.511.133

В.П. Шелухо

Шелухо Василий Павлович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Брянский технологический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры радиационной экологии и безопасности жизнедеятельности Брянской инженерно-технологической академии. Имеет около 50 печатных работ в области лесопатологии, лесной энтомологии, изучения промышленного воздействия на экосистемы.



ЗОНИРОВАНИЕ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫБРОСОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Показано, что для обоснования режима ведения хозяйства в загрязненных аэрополлютантами лесах необходимо объективное зонирование территории по степени воздействия. Предложены критерии комплексной оценки воздействия.

цемент, критерии, оценка воздействия.

Различная степень поврежденности насаждений промышленными выбросами (ПВ) требует дифференцированного подхода к режиму ведения хозяйства в зонах с разной силой воздействия. При зонировании территории воздействия аэрополлютантов на практике применяют в основном биоиндикационные критерии. При этом все большее значение приобретают исследования растительных сообществ и их консортивных связей с первичными консументами. Положительные стороны биоиндикации на высоком уровне организации живой материи заключены в ее комплексном характере.

Использование комплексного индикационного подхода к обследованию территории позволяет значительно сократить число проб и анализируемых показателей по сравнению с покомпонентным анализом элементов ценоза, что облегчает работы по выявлению инвариантов и обобщенной оценке нарушенности природной среды.

Большинство исследований по зонированию территории производства сводится к выделению по какому-либо признаку трех-четырех зон [3, 4, 7]. Воздействие ПВ на рост и состояние древостоев – наиболее часто используемые биоиндикационные критерии. При зонировании используют: текущий отпад, индекс состояния древостоя [6, 9 и др.], степень охвоенности и продолжительность жизни хвои [8, 12, и др.], нарушения синузид эпифитов [6, 4, 2, и др.], популяций ксилофагов, изменение концентрации загрязнений в воздухе, почве [1, 3].

При хроническом типе влияния невысоких концентраций поллютантов из-за большой вариации метеофакторов информативность измерений концентрации загрязнений в приземном воздухе значительно снижается.

Широко используемый индекс состояния насаждений меняется с возрастом, его использование возможно для сравнения только близких по возрасту и характеру хозяйственного освоения насаждений.

Для выделения зон повреждения растительности необходимы информативные, малотрудоемкие и достаточно точные критерии, отражающие состояние, рост и структуру фитоценоза. Исходя из целей зонирования территории, целесообразно наличие немногих основных и нескольких дополнительных признаков. Основные критерии должны позволять оценить состояние пород-эдикаторов, а дополнительные – других элементов экосистемы.

В качестве надежных индикаторов состояния насаждений и среды в зонах загрязнения следует использовать сумму интегральных показателей, характеризующих последовательно состояние деревьев, древостоев, биогеоценоза. Состояние деревьев определяется по совокупности биоморфологических признаков. Удобно использовать модифицированную шкалу категорий состояния на основе «Санитарных правил ...», внося в них дополнения, характеризующие степень воздействия ПВ. Состояние древостоя оценивается по его структуре, соотношению деревьев различных категорий, сроку жизни хвои, параметрам текущего отпада [5, 10]. Состояние биогеоценоза определяется по составу и состоянию его компонентов и их соответствию условиям местоположения и этапам развития.

Работы по выявлению наиболее информативных признаков для зонирования территории по степени воздействия аэрополлютантов проведены на территории Учлесхоза БГИТА и Брянского лесопаркового лесхоза – в районе влияния одного из крупнейших в России цементных производств АО «Мальцовский портландцемент» с годовым выбросом загрязнений до 80 тыс. т. В качестве главного индикатора выбрана сосна обыкновенная – основной лесобразователь в районе работ. Обследованы насаждения с участием сосны в составе 7–10 единиц, полнотой 0,6–0,8 IV–VI классов возраста в типах условий местопроизрастания В₂–С₂. Для учета состояния проведено общее рекогносцировочное обследование на площади более 3 тыс. га и детальное на 64 пробных площадях, заложенных на различном расстоянии до источника выбросов. Учитывали комплекс признаков для характеристики древостоя, лишеносинузий, живого напочвенного покрова (ЖНП), лесной подстилки, патогенной микобиоты и популяций ксилофагов.

Анализ полученных данных показал, что состояние древостоев наиболее значимо коррелирует с расстоянием до источника выбросов, возрастом древостоя, долей сосны в составе. Зонирование территории и оконтуривание зон с различной степенью воздействия выполнено по преобладанию древостоев той или иной категории поврежденности с уточнением границ по данным о состоянии других элементов биогеоценоза.

Сравнительный анализ состояния экосистем позволил выявить наиболее информативные критерии. Главные из них – суммарная доля ослабленных в различной степени деревьев, структура текущего отпада, срок жизни хвои – отражают характер и динамику состояния древостоя и могут

служить основанием для определения режима ведения хозяйства. В качестве дополнительных целесообразно использовать данные о состоянии лихено-синузий, изменениях в напочвенном покрове и подстилке, распространении хлорозов и некрозов.

В зонах с разной степенью воздействия (на 99,9 %-м уровне значимости) доля ослабленных деревьев различна. В зоне сильного воздействия она составляет $41,84 \pm 1,81$, среднего – $32,30 \pm 1,17$, слабого – $22,8 \pm 0,82$, в фоновой – $14,60 \pm 0,67$ % (вариация соответственно 32,6; 27,8; 29,3 и 23,4 %).

Объем текущего отпада – объективная характеристика состояния древостоя и степени соответствия его жизненности динамическим параметрам среды обитания. Большой информативностью, чем объем, обладают относительный диаметр и положение отмирающих деревьев в структуре древостоя. Увеличение среднего диаметра отпада до среднего в насаждении, а тем более превышение его являются информативной характеристикой, используемой при биоиндикации техногенного воздействия [11, 10].

Уменьшение продолжительности жизни хвои – признак неблагоприятного состояния деревьев, когда они избавляются от «излишней» испаряющей поверхности из-за невозможности поддерживать положительный баланс ассимиляция – диссимиляция. При зонировании территории следует учитывать средний срок жизни хвои в верхней части кроны с учетом сохранности ее на годичных побегах разных лет (ветви 2-3-го порядков).

Наиболее информативные признаки для классификации насаждений по степени воздействия ПВ цементного производства приведены в таблице. Данные критерии позволяют комплексно оценить степень воздействия ПВ на биогеоценозы хвойных лесонасаждений по состоянию ряда компонентов-биоиндикаторов.

Классификация сосновых лесонасаждений по степени воздействия аэроплютантов цементного производства

Категория воздействия	Характеристика состояния древостоя (представленность деревьев различной категории состояния, состояние и срок жизни хвои, характеристика отпада)	Состояние компонентов лесного биогеоценоза (эпифитные лишайносинузии, подстилка, популяции ксилофагов и патогенной микобиоты, напочвенный покров)
Фоновое	Состав, структура и состояние соответствуют условиям место-произрастания. Возможно наличие техногенного налета. Деревьев 2–4-й категорий до 20, 1-й не менее 55...60 %. Хвоя живет 3-4 года, некроз и хлороз единичны. Отпад не выше естественного, его диаметр 50...60 % от среднего для древостоя.	Присутствуют накипные, листоватые и кустистые лишайники, подстилка мощностью 2...4 см, численность ксилофагов допороговая, на текущем отпаде. Болезни не носят очагового характера, живой напочвенный покров характерен для данного типа лесного БГЦ, видимых изменений нет.
Слабое	Состав и структура соответствуют условиям произрастания, наблюдается слабая разреженность крон, усохшие деревья размещены дисперсно, групп не образуют, единично суховершинные деревья. Деревьев 2+3+4-й категорий до 30 %, 1-й более 45...50 %. Хвоя живет 3 года, некрозы и хлорозы до 5 %. Текущий отпад выше естественного до 1,5–2,0 раз, его диаметр меньше среднего для насаждения (60...70 %).	Кустистых лишайников нет, листоватых до 30 %, снижена длина участка поселения листоватых. Мощность подстилки 3...5 см. Численность ксилофагов увеличена, заселяется весь текущий отпад. Встречаются очаги корневых заболеваний. Появляются луговые дерновинные злаки при господстве лесной растительности, начинается выпадение слабоустойчивых видов ЖНП.
Среднее	Значительное разреживание крон, снижение сомкнутости полога, суховершинность наиболее крупных деревьев, ослабленный прирост, отпад размещен группами, особенно ель, угнетен сосновый подрост. Деревьев 2+3+4-й категорий до 40, 1-й не менее 30...40 %. Хвоя сосны живет 2-3 года, некроз и хлороз до 10 %. Отпад выше естественного до 2,5 раза, его диаметр несколько ниже среднего для насаждения (70...80 %).	Встречаемость листоватых лишайников до 10...20 %, господствуют накипные, но длина участка поселения снижена, мощность подстилки 4...6 см, численность ксилофагов выше пороговой в 1,5 – 2,0 раза, некрозно-раковые и корневые болезни носят очаговый характер, в напочвенном покрове выпадает ряд лесных растений, увеличивается биомасса ЖНП, встречаемость дерновинных форм растений.
Сильное	Древостой сильно ослаблен, кроны сильно разрежены, сомкнутость 0,5...0,7, суховершинных деревьев до 10 %, сухостой размещен группами и куртинами, подрост сосны угнетен, в древостое преобладают сильноослабленные и ослабленные деревья. Деревьев 2+3+4-й категорий свыше 40, 1-й до 25 %. Хвоя живет 1-2 года, распространенность хлорозов и некрозов более 10 %. Отпад выше естественного в 2,5–3,0 раза, его диаметр выше или равен среднему для насаждения.	Присутствуют только накипные лишайники с длиной участка поселения до 2,5 м и покрытием на 1,3 м до 50 %, мощность лесной подстилки 5...7 см, численность ксилофагов в 2 с лишним раза выше порогового уровня, заселяется часть сильноослабленных деревьев, некрозно-раковые и корневые болезни носят очаговый характер, снижен видовой состав напочвенного покрова, преобладают немногие виды, высокая встречаемость дерновинных и плотнокустовых растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабушкина Л.Г.* Влияние аэротехногенного загрязнения на состояние лесных экосистем Среднего Урала // Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы. – М.: МГУЛ, 1996. – С. 32–33.
2. *Гудериан Р.* Загрязнение воздушной среды. – М.: Мир, 1979. – 200 с.
3. *Дончева А.В., Казаков Л.К., Калуцков В.Н.* Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. – М.: Экология, 1992. – 256 с.
4. *Жидков А.Н.* Эпифитные лишайники и состояние сосновых насаждений в условиях атмосферного загрязнения Нижегородской области // Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы. – М., 1996. – Т.1. – С. 81–82.
5. *Мозолева Е.Г., Шарпа Т.В.* Оценка состояния лесов и лесных территорий при лесопатологическом мониторинге // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов. – М., 1994. – Т.3. – С. 27–28.
6. *Мэннинг У.Д., Федер У.А.* Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. – Л.: Гидрометеоздат, 1985.
7. *Смит У.Х.* Лес и атмосфера: Взаимодействие между лесными экосистемами и примесями атмосферного воздуха. – М.: Прогресс, 1988. – 429 с.
8. *Степанчик В.В.* Сосновые насаждения в условиях загрязнения окружающей среды и проблемы их мониторинга // Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы. – М.: МГУЛ, 1996. – С. 28–30.
9. *Угрюмов Б.И., Рунова Е.М., Захаренко Т.А.* Зонирование насаждений, поврежденных промышленными выбросами // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов. – М.: МЛТИ, 1991. – Ч. 2. – С. 61–62.
10. *Шелухо В.П.* Ослабление сосновых насаждений выбросами цементного производства // Лесн. журн. – 1997. – № 1–2. – С.115–118. – (Изв. высш. учеб. заведений).
11. *Шелухо В.П., Соломников А.А.* Использование категории состояния по запасу для оценки насаждений // Вклад ученых и специалистов в национальную экономику. – Брянск, 1998. – Т. 1. – С. 35–36.
12. *Ярмишко В.Т.* Биологические основы индикации состояния лесных экосистем в условиях техногенеза на Европейском Севере // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов. – М.: МГУЛ, 1994. – Т.2. – С. 46–47.

Брянская инженерно-технологическая
академия

Поступила 04.12.2000 г.

V.P. Shelukho
**Zoning of Coniferous Forests under Regular Influence of
Cement Production Emissions**

The objective zoning of territory according to a degree of impact is shown to be necessary for substantiating the operational mode in forests polluted by airpollutants. The criteria for complex evaluation of impact are offered.

УДК 630*181.65: 630*174.754: 630*43.001.57

С.М. Матвеев, В.В. Чеботарев

Матвеев Сергей Михайлович родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 27 печатных работ в области лесной экологии, дендроклиматологии, устойчивости сосновых насаждений к антропогенным воздействиям.



Чеботарев Владимир Викторович родился в 1972 г., окончил в 1997 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ВГЛТА. Имеет 4 печатные работы в области лесной экологии и пирологии, лесовосстановления горельников ЦЧР.



**ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСНЯКОВ
УСМАНСКОГО БОРА И МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПОЖАРООПАСНЫХ СЕЗОНОВ**

Исследовано влияние метеофакторов на радиальный прирост сосны и число лесных пожаров. Построенные математические модели позволяют использовать индексы прироста в качестве интегрального показателя метеоусловий для реконструкции и прогнозирования пожароопасных сезонов.

лесостепь, дендрохронология, прирост, метеофакторы, гидротермический коэффициент, количество пожаров.

В последние десятилетия широко исследуется влияние климата на древесную растительность. Дендроклиматологи разных стран изучают связи прироста деревьев с климатическими факторами, которые, при условии их значимости и достоверности, позволяют прогнозировать как климатические изменения, так и динамику роста и развития лесных сообществ. Такие исследования ведутся и в сосновых борах Центральной лесостепи Русской равнины [4, 5, 7–9 и др.].

Признание специалистов получили дендрохронологические методы изучения динамики лесных пожаров: для датирования календарных лет прошлых пожаров, определения степени их воздействия на древесной, реконструкции и прогнозирования пожароопасных сезонов [2, 10 и др.].

Наиболее простой и надежный способ изучения связей годичного прироста сосны с климатическими факторами – прямое сопоставление прироста за исследуемый временной ряд с соответствующими изменениями отдельных метеорологических элементов. В нашей работе метеорологические показатели рассчитывали по данным Воронежской метеостанции.

Центральная лесостепь характеризуется засушливым климатом с неравномерным увлажнением как в течение года, так и по отдельным годам. В связи с этим для анализа связей климатических факторов с радиальным приростом сосны обыкновенной и динамикой лесных пожаров были выбраны следующие показатели: осадки и средняя температура воздуха за вегетационный период, гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова (за период май – сентябрь), а также солнечная активность W (в числах Вольфа).

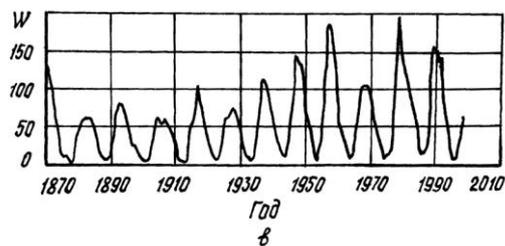
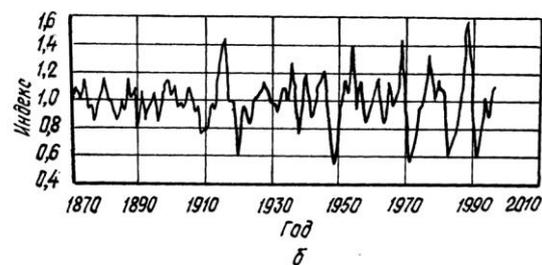
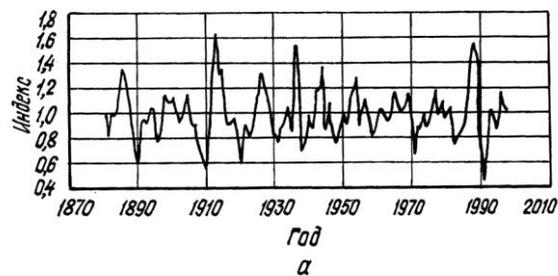
Дендрохронологические данные приведены по результатам замеров радиального прироста на двух участках естественных насаждений сосны обыкновенной в Левобережном лесничестве Учебно-опытного лесхоза ВГЛТА (южная часть Усманского бора). Возраст древостоев 120 ... 140 лет, класс бонитета I, полнота 0,6 ... 0,7.

Образцы (керны) древесины отбирали возрастным буравом на высоте 1,3 м с западной и восточной стороны каждого учетного дерева. В ТЛУ свежий бор (A_2) отобрано и измерено 14 кернов (пробная площадь 1), в ТЛУ свежая суборь (B_2) – 20 кернов (проба 2). Радиальный прирост выражен в относительных индексах [1]. Полученные результаты обработаны статистически.

За весь дендрохронологический ряд (на пробе 1 длина ряда 119 лет, на пробе 2 – 134 года) средняя ширина годичного кольца в свежем бору составила 2,2, поздней древесины – 0,7 мм, т. е. 31,8 % всей ширины годичного кольца. По многолетним данным, коэффициент корреляции этих показателей равен 0,89.

В свежей субори средняя ширина годичного кольца 1,7, поздней древесины – 0,7 мм, или 41,2 %, $r = 0,94$.

Прирост годичного кольца значительно снижался в годы с малым количеством осадков: 1878, 1891, 1897–1898, 1909–1910, 1921, 1938–1939, 1943, 1949–1950, 1959–1960, 1965, 1971–1972, 1975, 1984, 1992–1993, 1996



Многолетняя динамика индексов прироста
годового кольца в ТЛУ A_2 (а), B_2 (б) и
солнечной активности (чисел Вольфа) (в)

(см. рисунок). Минимумы прироста за весь дендрохронологический ряд наблюдались в 1891, 1921, 1939, 1971 гг., количество выпавших осадков за вегетационный период в эти годы не превышало 195 мм.

Кроме того, годы с минимальными индексами прироста годового кольца совпадают с наиболее засушливыми годами, когда было много пожаров (1971–1972, 1975, 1984 и 1992). Следовательно, существует связь между динамикой прироста и пожароопасными сезонами.

Полученные данные были статистически обработаны по следующим направлениям:

- 1) зависимость индексов прироста от метеоусловий за многолетний период наблюдений (1881–1997 гг.);
- 2) зависимость количества лесных пожаров за имеющийся непрерывный ряд данных (1974–1997 гг.) от метеоусловий;
- 3) связь между динамикой индексов прироста и количеством лесных пожаров за тот же период (1974–1997 гг.).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции индексов прироста и метеоусловий за период 1881–1997 гг.

Показатели	А ₂		В ₂	
	ШГК	ПД	ШГК	ПД
ГТК (май – сентябрь)	0,26	0,21	0,29	0,34
Число Вольфа (W)	-0,1	-0,13	0,1	-0,1
Осадки за вегетационный период	0,25	0,21	0,30	0,29
Средняя температура воздуха за вегетационный период	-0,17	-0,15	-0,19	-0,33

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между индексами прироста, метеоусловиями и лесными пожарами за период 1974 – 1997 гг.

Показатели	А ₂		В ₂	
	ШГК	ПД	ШГК	ПД
ГТК	0,49	0,46	0,61	0,77
Число Вольфа (W)	0,04	0,05	0,21	0,12
Пожары	-0,43	-0,34	-0,51	-0,49

Численные выражения выявленных зависимостей представлены в табл. 1 и 2 (ШГК – общая ширина годичного кольца, ПД – ширина слоя поздней древесины). Между индексами прироста и ГТК существует прямая, но не тесная корреляционная зависимость. Эта зависимость лучше проявляется в свежей субори, особенно для поздней древесины ($r = 0,34$), где связь становится значимой. Более высокая корреляция прироста с метеофакторами в суборевых условиях, очевидно, связана с тем, что в борах сосняки довольствуются малыми дозами влаги и легче переносят изменение (в первую очередь уменьшение) количества осадков. Данное явление отмечалось в лесостепи и другими авторами [3].

Гидротермический коэффициент является комплексным показателем увлажнения местности, рассчитанным по данным осадков и температур за период более 100 лет, поэтому наилучшие корреляционные зависимости наблюдаются именно с этим показателем. (В дальнейшей работе осадки и температура в отдельности не рассматривались).

В Воронежском управлении лесами имеется непрерывный ряд данных о количестве лесных пожаров с 1974 г. Проведенный анализ показал, что зависимость числа пожаров от ГТК характеризуется коэффициентом корреляции $r = -0,55$. Высокий коэффициент корреляции позволил построить математическую модель связи исследуемых параметров, которая лучше всего описывается мультипликативной функцией

$$y = 258,3672x^{-1,2136},$$

где y – число пожаров;
 x – ГТК.

Анализ зависимостей индексов прироста от метеоусловий в тот же период (1974–1997 гг.) показал резкое возрастание связи индексов прироста с ГТК (табл. 2), особенно в субборевых условиях (для ШГК от 0,29 до 0,61; для ПД от 0,34 до 0,77).

В боровых условиях, при тех же тенденциях, корреляция несколько ниже (до 0,49), но остается значительной. Следовательно, по ширине годичного кольца можно с большой достоверностью выявить наиболее пожароопасные сезоны.

Высокие коэффициенты корреляции индексов прироста и числа лесных пожаров позволили построить математические модели связи исследуемых параметров:

для A_2

$$y = \exp(7,1564 - 1,5056x);$$

для B_2

$$y = \exp(7,2664 - 1,6492x),$$

где y – число пожаров;

x – индекс ширины годичного кольца,

т. е. наилучшим образом зависимость между индексами прироста и числом пожаров описывается экспоненциальной функцией.

Значительное повышение связи между индексами прироста и климатическими факторами при уменьшении длины временного ряда не случайно. Мы предполагаем, что это связано с вековой динамикой климатических условий лесостепи (повышение среднегодовой температуры воздуха, минимального количества осадков, снижение континентальности климата и т. д.). Заметные изменения климата в XX столетии отмечаются для всего северного полушария [6].

При анализе динамики прироста на фоне солнечной активности (см. рисунок) видно, что все наиболее глубокие минимумы прироста наблюдаются на ветвях спада солнечной активности за 1-3 года до эпохи минимума. Такая же тенденция наблюдается при анализе динамики горимости лесов на фоне солнечной активности [11].

Математические модели, построенные на основе высоких корреляционных зависимостей, позволяют использовать радиальный прирост сосновых древостоев (выраженный в индексах) в качестве интегрального показателя влияния метеоусловий для реконструкции и прогнозирования наиболее пожароопасных сезонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 172 с.
2. Комин Г.Е. Лесоведение и дендрохронология // Лесоведение, 1968. - № 4. – С. 78–86.
3. Лисеев А.С. Влияние климатических факторов на динамику прироста сосны в различных лесорастительных условиях Бузулукского бора // Дендроклиматология и радиоуглерод: Матер. Второго Всесоюз. совещ. – Каунас, 1972. – С. 42–48.

4. *Матвеев С.М.* Биоиндикация антропогенных изменений в сосновых насаждениях ЦЧР: Автореф. дис. ... с.-х. наук. – Воронеж, 1994. – 23 с.

5. *Матвеев С.М.* Дендроклиматический анализ сосны обыкновенной Усмманского бора в условиях свежей субори // Интеграция фундаментальной науки и высшего лесотехнического образования по проблемам ускоренного воспроизводства, использования и модификации древесины: Матер. Международ. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2000. – Т. 1. – С. 261–265.

6. *Сазонов Б.И.* Природа современных изменений климата // Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии: Тез. докл. V Всесоюз. совещ. – Свердловск, 1990. – С. 122.

7. *Таранков В.И.* Влияние климатических и антропогенных факторов на состояние и продуктивность сосновых насаждений зеленой зоны г. Воронежа // Сосновые леса России в системе многоцелевого лесопользования. – Воронеж, 1993. – С. 94.

8. *Таранков В.И., Лазуренко Л.Б.* Цикличность прироста сосны обыкновенной в Восточноевропейской лесостепи // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 12–19.

9. *Таранков В.И., Матвеев С.М.* Математическое моделирование радиального прироста сосны обыкновенной // Вклад ученых и специалистов в национальную экономику: Матер. науч.-техн. конф. – Брянск, 13-15 мая 1998. – С. 64–66.

10. *Феклистов П.А., Евдокимов В.Н., Барзут В.М.* Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне европейской тайги. – Архангельск: ИПЦ АГТУ, 1997. – 140 с.

11. *Чеботарев В.В.* Динамика горимости лесов Воронежской области и ее зависимость от погодных условий // Матер. юбил. науч. конф. молодых ученых «Лес и молодежь ВГЛТА - 2000г.». – Воронеж, 2000. – Т. 1. – С.141–144.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 26.02.01

S.M. Matveev, V.V. Chebotarev

Dendroclimatic Study of Pine Forests of Usmansk Grove and Simulation of Fire-hazard Seasons

The influence of weather factors on radial pine increment and quantity of forest fires is investigated. The simulation models developed allow to use the increment data as an integral index of weather factors for simulation and forecasting fire-hazard seasons.



УДК 629.114:656.08

С.И. Морозов, С.Л. Смирнов

Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИА, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 160 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.



Смирнов Сергей Леонидович родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры теоретической механики АГТУ. Имеет 2 печатные работы в области теории удара.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РАССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

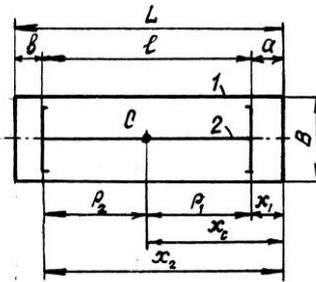
Предложена методика расследования ДТП. Приведены математические обоснования методики и решение практической задачи.

механика, удар, автомобиль, дорожно-транспортные происшествия, скорости, методика расчета.

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) весьма многообразны и происходят по различным организационно-техническим причинам. Во многих случаях они являются следствием соударения автомобилей или удара автомобиля о неподвижное препятствие.

Предполагаем, что взаимодействие автомобилей в момент удара и их последующие перемещения происходят в плоскости дороги. Рассмотрим методику расследования ДТП на базе теории соударения двух плоских свободных тел, основы которой изложены в работах [1–3].

На рис. 1 в упрощенном виде изображены: 1 – автомобиль; 2 – ходовая часть; принятые обозначения: L, B – габаритная длина и ширина; l – база; a, b – передний и задний свес; x_1, x_2 – расстояния от переднего бампера до передней и задней осей (мостов) автомобилей, $x_1 = a$; $x_2 = a + l$; x_c – расстояние от центра масс (точки C) до переднего бампера; ρ_1, ρ_2 – расстояния от центра масс до передней и задней осей (мостов), $\rho_1 = x_c - a$; $\rho_2 = l - \rho_1$.



По этим размерам и массам отдельных частей можно найти положение центра масс

$$x_c = \frac{m'x_1 + m''x_2}{m_1 + m_2} \quad (1)$$

и момент инерции автомобиля относительно вертикальной оси, проходящей через точку C :

$$I_c = m'\rho_1^2 + m''\rho_2^2, \quad (2)$$

где m', m'' – массы автомобилей, приходящиеся соответственно на передний и задний мосты.

Примерная схема соударения автомобилей (боковой удар) изображена на рис. 2. Здесь показаны: 1 – ударяющий и 2 – ударяемый автомобили; E – точка соударения, которая отстоит от переднего бампера автомобиля 2 на расстояние Δ ; C_1, C_2 – центры масс; τ_1, n_1 – оси координат для тела 1; τ_2, n_2 – то же для тела 2; h_1, p_1 – координаты точки C_1 ; h_2, p_2 – точки C_2 ; r_1, r_2 – радиусы-векторы точки E , проведенные из точек C_1 и C_2 ; β – угол наклона автомобиля 1 к автомобилю 2; v_1, v_2 – скорости движения автомобилей 1 и 2 до удара.

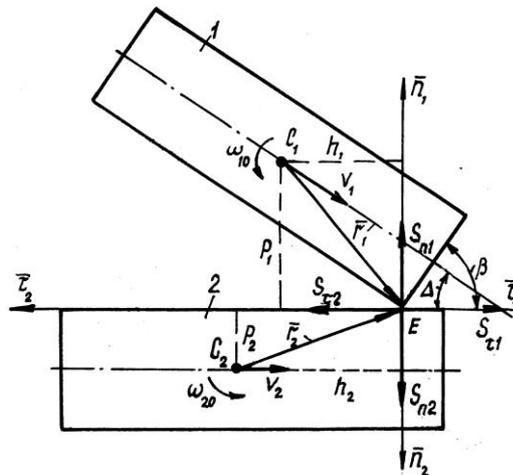


Рис. 2

Оси n_1 и n_2 всегда направлены внутрь соударяющихся тел, оси τ_1 и τ_2 образуют с ними правосторонние системы координат (для каждого автомобиля в отдельности). Буквами S_n и S_τ обозначены импульсы ударных сил; ω_{10}, ω_{20} – угловые скорости вращения автомобилей до удара.

Координаты точек C_1, C_2 определяют по уравнениям

$$\begin{aligned} h_1 &= -x_{c_1} \sin \beta + \frac{B_1}{2} \cos \beta; \quad h_2 = x_{c_2} - \Delta; \\ p_1 &= -x_{c_1} \cos \beta + \frac{B_1}{2} \sin \beta; \quad p_2 = \frac{B_2}{2}, \end{aligned} \quad (3)$$

где x_{c_1}, x_{c_2} – расстояния от точек C_1, C_2 до передних бамперов;

B_1, B_2 – ширина первого и второго автомобиля.

Импульсы ударных сил определяют по формулам: удар с проскальзыванием:

$$S_\tau = S_n f_{\dot{a}}; \quad S_n = -\frac{(1 + \varepsilon) A_1}{G + H f_{\dot{a}}}; \quad (4)$$

удар без проскальзывания:

$$S_\tau = \frac{(1 + \varepsilon) H A_1 - G A_2}{B}; \quad S_n = -\frac{H A_2 (1 + \varepsilon) G_1 A_1}{B}, \quad (5)$$

где f_d – динамический коэффициент трения;

ε – коэффициент восстановления, $\varepsilon < 1$;

G, G_1, H, B – инерциальные коэффициенты,

$$\begin{aligned} G &= \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{h_1^2}{I_1} + \frac{h_2^2}{I_2}; \\ G_1 &= \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{p_1^2}{I_1} + \frac{p_2^2}{I_2}; \\ H &= \frac{\bar{p}_1 \bar{h}_1}{I_1} + \frac{\bar{p}_2 \bar{h}_2}{I_2}; \\ B &= G G_1 - H^2; \end{aligned} \quad (6)$$

A_1, A_2 – скоростные коэффициенты,

$$\begin{aligned} A_1 &= \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \bar{h}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{h}_2 \bar{\omega}_{20}; \\ A_2 &= \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \bar{v}_2 \bar{\tau}_2 + \bar{p}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{p}_2 \bar{\omega}_{20}. \end{aligned} \quad (7)$$

В системе формул (7) выражение $\bar{v} \bar{n}, \bar{v} \bar{\tau}$ следует рассматривать как проекции скоростей центров масс до удара на оси n и τ . Скорости центров масс после удара u_1 и u_2 вычисляют через их проекции на оси n и τ по формулам

$$\begin{aligned}
 \bar{u}_1 \bar{\tau}_1 &= \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \frac{S_\tau}{m_1}; \\
 \bar{u}_1 \bar{n}_1 &= \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \frac{S_n}{m_1}; \\
 \bar{u}_2 \bar{\tau}_2 &= \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \frac{S_\tau}{m_2}; \\
 \bar{u}_2 \bar{n}_2 &= \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \frac{S_n}{m_2}.
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Угловые скорости вращения автомобилей после удара (ω_1, ω_2) выражают через угловые скорости до удара (ω_{10}, ω_{20}) и моменты импульсов ударных сил S_τ и S_n относительно центров масс C_1 и C_2 :

$$\begin{aligned}
 \omega_1 &= \omega_{10} + \frac{S_\tau p_1 + S_n h_1}{I_1}; \\
 \omega_2 &= \omega_{20} + \frac{S_\tau p_2 + S_n h_2}{I_2}.
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Знаки произведений Sp и Sn находят по обычным правилам механики.

Для вычисления импульсов ударных сил, по которым определяют линейные и угловые скорости после удара, выше приведены две группы формул (4) и (5). Сначала надо вычислить значения S_τ и S_n по формулам группы (5), затем коэффициент трения скольжения f_d :

$$f_d = \frac{S_\tau}{S_n}. \tag{10}$$

Обозначим предельное значение коэффициента трения скольжения f_n . Если $f_d < f_n$, то удар происходит без проскальзывания, если $f_d = f_n$ – с проскальзыванием. В последнем случае значения S_τ и S_n определяют по формулам группы (4).

Таким образом, используя расчетные зависимости (1)–(10), можно решить задачу плоского удара двух тел, в том числе и автомобилей. Эту же задачу можно решить с помощью компьютерной модели [4].

После соударения автомобили еще некоторое время движутся по поверхности дороги (рис. 3). Здесь 1 и 2 – положения автомобилей в момент удара, 1' и 2' – после прекращения движения и остановки, 3 – участок дороги.

Центры масс автомобилей, перемещаясь по произвольным траекториям (условно на рис. 3 они показаны пунктиром), пройдут до остановки расстояние L_1 и L_2 . Таким образом, задача расследования ДТП

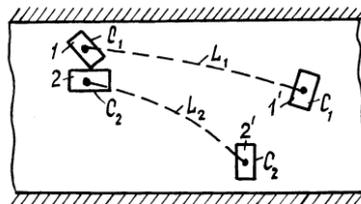


Рис. 3

состоит из двух частей. В первой рассматривают процесс удара, во второй – движение автомобилей после удара до остановки.

В зависимости от исходных данных такую задачу можно подразделить на прямую и обратную. В первой (прямой) задаче известны скорости движения автомобилей до удара, их линейные размеры и распределение масс. Требуется найти положение автомобилей на дороге в конце их движения после удара до остановки. Во второй (обратной) известны, помимо геометрических и физических параметров автомобилей, значения L_1 и L_2 . Требуется восстановить условия соударения тел (т. е. найти скорости автомобилей до удара).

Первую часть прямой и обратной задачи можно решить с помощью формул (1)–(10). Вторую часть предпочтительно решать с помощью дифференциальных уравнений плоскопараллельного движения или теоремы об изменении кинетической энергии.

Рассмотрим пример на соударение двух автомобилей, которые до удара двигались взаимно перпендикулярно и столкнулись на перекрестке двух улиц (рис. 4).

Автомобиль № 1 марки AUDI-80 (ударяющий) двигался по дороге в районе перекрестка со скоростью v_1 . Автомобиль № 2 марки УАЗ-31512 (ударяемый) перемещался по перпендикулярной дороге. В момент столкновения шофер второго автомобиля остановил свою машину, т. е. $v_2 = 0$. После удара автомобили заняли положения $1'$ и $2'$, переместившись от точки удара на расстояние: $L_1 = 27,7$ м, $L_2 = 14,5$ м.

Зная перемещение после удара, найдем скорость движения первого автомобиля до удара. Таким образом, здесь имеем обратную задачу. Исходные данные приведены в табл. 1.

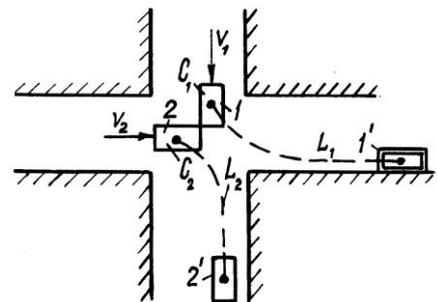


Рис. 4

Таблица 1

№ автомобиля	Масса, кг			Размеры, м					Расчетные величины	
	m	m'	M''	L	B	l	a	B	x_c , м	I_c , кг·м
1	1230	673	557	4,482	1,695	2,612	0,496	0,984	2,1288	2079,27
2	1590	870	720	4,025	1,785	2,380	0,680	0,965	1,7577	2133,50

С помощью этих данных по формулам (1) и (2) находим значения x_c и I_c , которые приведены в таблице.

Затем последовательно вычисляем:

а) координаты точек C_1 и C_2 по формулам (3) при $\beta = 90^\circ$:

$$h_1 = \frac{B_1}{2} = \frac{1,695}{2} = 0,8475 \text{ м}; \quad p_1 = x_{c_1} = 2,1288 \text{ м};$$

$$h_2 = x_{c_2} - \Delta = 1,7577 - 0,25 = 1,5077 \text{ м}; \quad p_2 = \frac{B_2}{2} = \frac{1,785}{2} = 0,8925 \text{ м};$$

б) инерциальные и скоростные коэффициенты по формулам (6) и (7):

$$G = 0,002853 \text{ кг}^{-1};$$

$$G_1 = 0,003995 \text{ кг}^{-1};$$

$$H = -0,001492 \text{ кг}^{-1};$$

$$B = 9,152 \cdot 10^{-6} \text{ кг}^{-1};$$

$$A_1 = \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \bar{h}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{h}_2 \bar{\omega}_{20} = \bar{v}_1 \bar{n}_1 = v_1;$$

$$A_2 = \bar{\tau}_1 \bar{n}_1 + \bar{\tau}_2 \bar{n}_2 + \bar{p}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{p}_2 \bar{\omega}_{20} = 0;$$

в) импульсы ударных сил по формулам (5) (удар без проскальзывания):

$$S_\tau = 196,4553 v_1;$$

$$S_n = 523,7978 v_1;$$

г) скорости после удара по формулам (8) и (9):

$$\bar{u}_1 \bar{\tau}_1 = \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \frac{S_\tau}{m_1} = 0 + \frac{196,4553 v_1}{1230} = 0,1597 v_1 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_1 \bar{n}_1 = \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \frac{S_n}{m_1} = -v_1 + \frac{523,7978 v_1}{1230} = -0,5742 v_1 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_2 \bar{\tau}_2 = \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \frac{S_\tau}{m_2} = 0 + \frac{196,4553 v_1}{1590} = 0,136 v_1 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_2 \bar{n}_2 = \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \frac{S_n}{m_2} = 0 + \frac{523,7978 v_1}{1590} = 0,3294 v_1 \text{ м/с};$$

$$\omega_1 = \omega_{10} + \frac{S_\tau p_1 + S_n h_1}{I_1} = 0 + \frac{196,4553 v_1 \cdot 2,1288 - 523,7978 v_1 \cdot 0,8475}{2079,27} = -0,01236 v_1 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_2 = \omega_{20} + \frac{S_\tau p_2 + S_n h_2}{I_2} = 0 + \frac{196,4553 v_1 \cdot 0,8925 - 523,7978 v_1 \cdot 1,5077}{2133,5} = -0,2880 v_1 \text{ с}^{-1}.$$

Так как $\omega_1 < 0$ и $\omega_2 < 0$, то оба автомобиля после удара получают вращение по часовой стрелке.

Для первого тела проекция скорости точки C_1 на ось n_1 будет направлена в сторону, обратную оси n_1 , для тела 2 проекция скорости точки C_2 на ось n_2 – в сторону n_2 .

Вначале было принято $\varepsilon = 0,3$. После решения величина ε была уточнена по формуле

$$\bar{u}_1 \bar{n}_1 + \bar{u}_2 \bar{n}_2 = -\varepsilon (\bar{v}_1 \bar{n}_1 + \bar{v}_2 \bar{n}_2),$$

отсюда

$$\varepsilon = -\frac{\bar{u}_1 \bar{n}_1 + \bar{u}_2 \bar{n}_2}{\bar{v}_1 \bar{n}_1}.$$

После подстановки получим

$$\varepsilon = -\frac{-0,5742 v_1 + 0,3294 v_1}{-v_1} = 0,2448,$$

что достаточно близко к принятому ранее значению $\varepsilon = 0,3$.

Коэффициент трения скольжения f_d при ударе находим по формуле

$$f_a = \frac{S_\tau}{S_n} = \frac{196,4553 v_1}{523,7978 v_1} = 0,375.$$

Так как $f_d < f_n$, то удар произошел без проскальзывания. Значения ε и f_n в данном случае не зависят от скорости движения автомобилей до удара.

Решаем теперь вторую часть задачи при помощи теоремы об изменении кинетической энергии

$$T - T_0 = \Sigma A_i,$$

где $T = 0$ (в конце движения автомобилей остановились);

T_0 – кинетическая энергия после удара;

ΣA_i – сумма работ сил трения.

Для первого автомобиля

$$T_0 = \frac{m_1}{2} (\bar{u}_1^2 + \bar{u}_2^2) - \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2 = 203,2924 v_1^2, \text{ Дж};$$

$$\Sigma A_i = -m_1 g f L_1 = -100270,95 \text{ Дж}.$$

Здесь f – коэффициент трения колес автомобилей о поверхность дороги.

Приравниваем эти выражения:

$$203,2924 v_1^2 = 100270,95,$$

отсюда $v_1 = 22,21 \text{ м/с} = 79,96 \text{ км/ч}$.

Аналогично находим для второго автомобиля

$$T_0 = 186,8752 v_1^2 \text{ Дж}; \Sigma A_i = 67850,865 \text{ Дж}; v_1 = 19,05 \text{ м/с} = 68,58 \text{ км/ч}.$$

Используя найденное значение v_1 , определим все расчетные величины, характеризующие процесс удара (табл. 2).

Таблица 2

№ автомобиля	v, м/с	Импульс, Н·с		Скорость линейная, м/с				Скорость угловая, с ⁻¹	
		S_τ	S_n	$\bar{u}_1 \bar{v}_1$	$\bar{u}_1 \bar{n}_1$	$\bar{u}_2 \bar{v}_2$	$\bar{u}_2 \bar{n}_2$	ω_1	ω_2
1	22,21	4363,3	11633,5	3,55	-12,75	3,02	7,32	-0,273	-6,396
2	19,05	3742,5	9978,3	3,04	-10,94	2,59	6,28	-0,235	-5,486

В принципе значения начальной скорости центра масс для первого и второго автомобилей должны совпадать. В данном случае различия составляют 14 %. Это, по всей видимости, объясняется условиями движения второго автомобиля. На пути его движения встречались препятствия в виде канав и кустов, что привело к увеличению коэффициента трения скольжения до 0,349.

Таким образом, рассмотренная методика расследования ДТП дает вполне приемлемые результаты и может быть рекомендована для применения на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Морозов С.И.* Удар двух тел: Методич. указания по решению задач. – Архангельск: РИО АГТУ, 1996. – 56 с.
2. *Морозов С.И., Морозов В.С.* Классическая теория удара: Конспект лекций по соударению плоских тел. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 45 с.
3. *Морозов С.И.* Соударение автомобилей // Лесн. журн. – 1999. – № 4. – С. 43–49. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Смирнов С.Л.* Компьютерная модель процесса соударения автомобилей // Лесн. журн. – 2000. – № 5-6 – С. 113–118. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 12.01.01

S.I. Morozov, S.L. Smirnov

Theoretical Base of Technique for Investigating Traffic Accidents

The technique for investigating traffic accidents is suggested. Mathematical substantiation of technique and solution of practical tasks are given.

УДК 658.382.3:630*31

Е. С. Буряк

Буряк Евгений Семенович родился в 1942 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доцент кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет 34 печатные работы по исследованию динамики лесовозных автопоездов, промышленных железных дорог (содержание и ремонт УЖД).



АППРОКСИМАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КРИВЫХ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДЛЯ ПОЛУОСЕЙ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЯ

В результате исследования нагруженности трансмиссии автомобиля МАЗ-509 в условиях работы лесовозных дорог с гравийным и колейным покрытием из железобетонных плит получены осциллограммы крутящего момента на полуосях. Для практического применения осциллограммы кривые крутящего момента аппроксимированы рядом Фурье.

лесовозный автопоезд, крутящий момент, полуоси, аппроксимация.

Вопрос о нагруженности трансмиссии лесовозного автомобиля изложен нами в работе [1], где приведены результаты экспериментальных исследований, в частности осциллограммы крутящего момента полуосей автомобиля МАЗ-509. Опыты проводили в условиях Луковецкого ЛПХ Архангельской области на дорогах с гравийным и колейным покрытием из железобетонных плит.

Экспериментальные кривые крутящего момента на осциллограмме отображают лишь характер протекания процесса нагружения трансмиссии автомобиля. Ценность экспериментального материала для практического использования, например для расчета надежности, долговечности трансмиссии, будет значительнее при аналитической аппроксимации полученных кривых крутящего момента. В связи с этим необходимо проследить изменения крутящего момента в функции пути или времени при устранении случайных возмущений («выбросов») и возможных неточностей измерений в процессе обработки осциллограмм.

При решении задачи согласования экспериментальной функции в качестве математического средства применим разложение в ряд Фурье [2], синус-преобразование которого имеет вид

$$g \approx b_1 \sin \frac{\pi}{l} x + b_2 \sin \frac{2\pi}{l} x + \dots + b_m \sin \frac{m\pi}{l} x.$$

При этом возникают два вопроса. Первый состоит в том, что если не принять надлежащих мер предосторожности, то ряд Фурье функции $f(x)$ будет очень слабо сходиться. Чтобы получить лучшую сходимость тригонометрического полинома, из известной функции $f(x)$ вычтем надлежаще выбранный двучлен $\alpha + \beta x$:

$$g(x) = f(x) - (\alpha + \beta x).$$

Коэффициенты α и β определяем из граничных условий $g(0) = 0$; $g(l) = 0$.

Располагая значениями

$$y(k) = f(kh), \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n), \quad kh = x,$$

выполним преобразование

$$g(x) = f(x) - \frac{f(0) + f(l)}{2}.$$

Коэффициенты ряда Фурье

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{\alpha=1}^{n-1} g(\alpha h) \sin k \frac{\pi}{n} x$$

вычислим с учетом корректировки двучленом.

Опустив в ряде все члены, следующие за $k = m$, что исключает все высокочастотные помехи, получим

$$g(x) = \sum_{k=1}^m b_k \sin k \frac{\pi}{l} x.$$

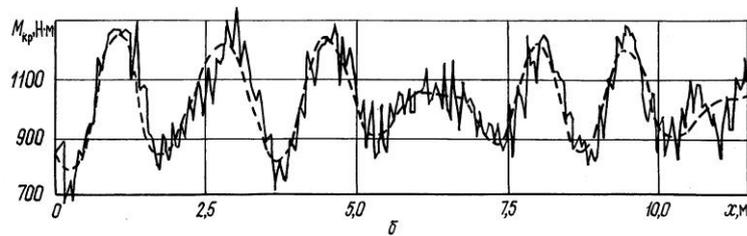
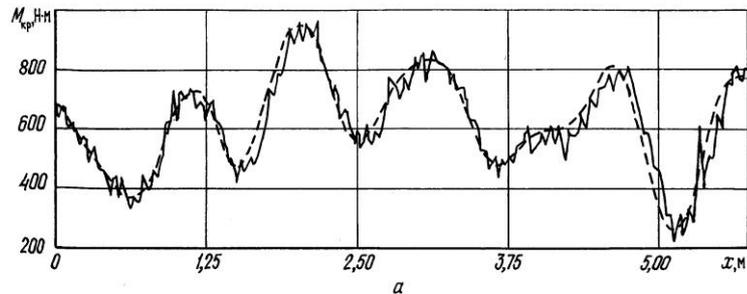
Второй вопрос – выбор числа членов ряда, которое определяется аналитическими свойствами функции, разлагаемой в ряд. Точно определить коэффициент b_k , которым должен заканчиваться ряд, практически невозможно, и в этом нет необходимости по следующим соображениям. Так как функция $g(x)$ периодическая, непрерывная, то число членов ряда убывает асимптотически со скоростью n^{-3} и, следовательно, изменяется несущественно, если добавить или уменьшить несколько коэффициентов b_k , принадлежащих искомой функции.

Аппроксимируя экспериментальную кривую процесса нагруженности трансмиссии, мы подбирали необходимое число членов (n_{bk}) ряда Фурье, при котором наблюдалось удовлетворительное согласование с теоретическими результатами.

Так, для объема выборки $N = 1000$ ($l = 50$ м) задавали различные числа n_{bk} : 20, 30, 60, 100. Удовлетворительная сходимость с опытом получена при $n_{bk} = 100$.

На рисунке показаны участки экспериментальных кривых и их аппроксимация рядом Фурье. Для гравийной дороги шаг измерения принят равным 2,5 см, железобетонной – 5 см.

В качестве примера выполнено разложение эмпирических данных крутящего момента полуосей при движении автопоезда по гравийной дороге



Аппроксимирование экспериментальной функции $M_{кр} = f(x)$ рядом Фурье ($n_{bk} = 100$): *a* – гравийное покрытие; *б* – колейное железобетонное покрытие

4*

со скоростью 23,9 км/ч. Для рассматриваемого примера ряд Фурье, ограниченный $n_{bk} = 100$, имеет вид

$$M_{\text{ед}} = 21,24 - 0,01x + 356 \sin \frac{\pi}{1000} x + 70 \sin \frac{2\pi}{1000} x + \dots + 9 \sin \frac{3\pi}{1000} x.$$

Значения коэффициентов b_k , аппроксимирующих кривые $M_{кр}$ для условий движения автопоезда по гравийной и колейной железобетонной дорогам, вычислены на ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряк Е.С. О нагруженности трансмиссии лесовозного автомобиля МАЗ-509 // Лесн. журн. – 1980. – № 1. – С. 37-43. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. – М.: Физматгиз, 1961. – 524 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 30.11.01

E.S. Buryak

**Approximation of Experimental Torque Curves of
Timber Truck Half-axles**

Based on investigation of MAZ-509 transmission loading in the wood track conditions with gravel and board surface made of reinforced concrete slabs the torque osciloscopes on half-axles are obtained. For practical use of the oscilloscope the torque curves are approximated by Fourier series.

УДК 625.711.84+625.31

В.С. Морозов

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет около 45 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ТИПА ЗИМНИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

Обоснованы расчетная схема, математическая и компьютерная модели для выбора типа конструкции дорожной одежды сезонных зимних автомобильных дорог на болотах.

тип болота, тип дороги, математические модели, расчет на прочность, теплотехнический расчет, рекомендации.

Сезонные зимние дороги на болотах имеют важное практическое значение при освоении заболоченных и заторфованных территорий с ограниченным сроком эксплуатации, к которым можно отнести, например, лесопокрываемые площади или месторождения полезных ископаемых. Во многих случаях срок действия таких дорог ограничен климатическими и природно-географическими условиями местности. Строительство капитальных дорог в этих условиях нецелесообразно. Для снижения стоимости транспортировки грузов приходится использовать сезонные зимние дороги, имеющие низкую стоимость строительства, содержания и эксплуатации по сравнению с дорогами капитального типа.

В настоящее время в зависимости от нагрузки на проезжую часть дороги, типа болота или заболоченной местности и температуры воздуха различают три основных типа зимних дорог [3]: однослойные (рис. 1, а), двухслойные (рис. 1, б) и многослойные (рис. 1, в).

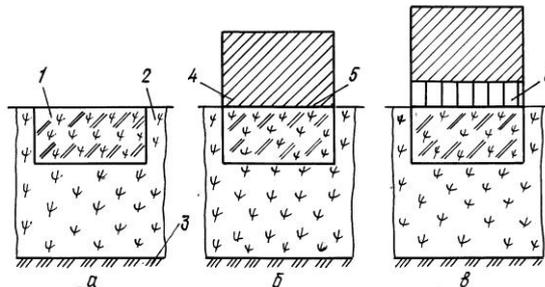


Рис. 1. Схемы поперечных сечений однослойных (а), двухслойных (б) и трехслойных (в) автомобильных дорог на болотах: 1 – слой мерзлого торфа; 2 – массив талого торфа; 3 – минеральное дно болота; 4 – насыпь из минерального грунта; 5 – прослойка из сучьев, веток или синтетического материала (типа дорнита, ОСС); 6 – продольный или поперечный бревенчатый настил

Очевидно, что чем сложнее конструкция зимних автомобильных дорог на болотах, тем выше их прочность и несущая способность, но одновременно больше стоимость строительства.

Существенное влияние на выбор конструкции дорожной одежды оказывает тип болота. В наиболее распространенной строительной классификации [4] различают три основных типа болот. Их характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

Тип болота	Характеристика торфяной залежи	Влажность торфа, %	Коэффициент постели C , Н/см ³
I	Торфяная залежь до твердого минерального практически несжимаемого дна. При действии внешней нагрузки происходит в основном сжатие массива торфа. Торф слабо разложившийся, плотный. На поверхности болота развитая древесная растительность преимущественно хвойных пород и смешанный лес	≤ 800	4,2...6,0

Продолжение табл. 1

Тип болота	Характеристика торфяной залежи	Влажность торфа, %	Коэффициент постели C , Н/см ³
II	Торфяная залежь покоится на мягком основании из минеральных илов и сапропелей (органических илов). При действии небольшой нагрузки происходит сжатие массива торфа. При действии значительной нагрузки, помимо сжатия, наблюдается растяжение мягкого основания. Торф разложившийся, рыхлый. На поверхности болота низкорослый смешанный лес, осоковые луга с кочками или гипновыми мхами (топи)	800...1400	1,5...3,3
III	Торфяная залежь плавает на жидком торфе или жидком иле. Толщина залежи под нагрузкой постепенно уменьшается за счет выдавливания воздуха из растительных тканей, что может привести к погружению проезжей части дороги. Торф сильно разложившийся, рыхлый. Древесная растительность на поверхности болота отсутствует	>1400	1,2...0,7

Таким образом, при выборе конструкции зимних дорог на болотах необходимо рассмотреть следующую задачу: чем ниже тип болота, тем выше должен быть тип дорожной одежды, т. е. с понижением коэффициента постели основания дорожной одежды возрастают требования к ее прочности.

Расчетные зависимости для определения толщины дорожной одежды

Для определения конструкции дорожной одежды нами были выполнены аналитические исследования напряженно-деформированного состояния однослойных, двух- и многослойных зимних дорог на болотах [2]. На основании анализа результатов этих исследований получены следующие приближенные расчетные уравнения:

для однослойной зимней дороги с основанием из мерзлого торфа (рис. 1, а)

$$H_p = \gamma[5,875 + 0,0452P - 1,119C - 0,169\Theta + \frac{1}{B} (6040,8 + 46,772P - 1084,3C - 139,5\Theta)], \quad (1)$$

где H_p – расчетная толщина слоя мерзлого торфа, см;

γ – поправочный коэффициент (для болота I типа $\gamma = 1$; II типа $\gamma = 1,2$; III типа $\gamma = 1,4$);

P – внешняя нагрузка на поверхность дороги, кН;

C – коэффициент постели основания из талого торфа, Н/см³ (для болот I типа $C = 5$ Н/см³, II типа $C = 3$ Н/см³, III типа $C = 1$ Н/см³);

Θ – отрицательная температура воздуха на поверхности проезжей части, °С;

B – ширина проезжей части дороги, см;

для двухслойной зимней дороги (насыпь из минерального грунта на слое промороженного торфа – рис. 1, б), внешняя нагрузка $P = 165$ кН:

$$H_4 = 31,190 - 1,095H_1 - 0,520C - 0,3110\Theta + \frac{1}{B} (12770,5 - 151,405H_1 - 326,027C - 377,539\Theta), \quad (2)$$

где H_1 – толщина насыпи из минерального грунта, см;

H_4 – толщина слоя мерзлого торфа, см;

для трехслойной зимней дороги (продольное расположение бревен – рис. 1, в), внешняя нагрузка $P = 165$ кН:

а) толщина бревен $H_2 = 10$ см:

$$H_4 = 29,172 - 1,257H_1 - 0,423C - 0,136\Theta + \frac{1}{B} (10480,23 - 289,848H_1 - 194,47C - 219,16\Theta), \quad (3)$$

б) толщина бревен $H_2 = 20$ см:

$$H_4 = 12,299 - 1,222H_1 - 0,187C - 0,162\Theta + \frac{1}{B} (8408,79 - 255,47H_1 - 213,78C - 174,51\Theta); \quad (4)$$

для трехслойной зимней дороги (поперечное расположение бревен – рис. 1, в), внешняя нагрузка $P = 165$ кН:

а) толщина бревен $H_3 = 10$ см:

$$H_4 = 28,232 - 1,098H_1 - 0,316C - 0,408\Theta + \frac{1}{B} (12651,6 - 87,207H_1 - 586,64C - 340,16\Theta), \quad (5)$$

б) толщина бревен $H_3 = 20$ см:

$$H_4 = 21,323 - 1,165H_1 - 0,413C - 0,476\Theta + \frac{1}{B} (15840,0 - 68,755H_1 - 714,352C - 572,588\Theta). \quad (6)$$

Результаты расчетов с помощью формул (1)–(6) по определению толщины слоя мерзлого торфа для зимних дорог различных конструкций приведены ниже.

Определение глубины промерзания болот

Для определения глубины промерзания торфа на трассе зимних автомобильных дорог нами было использовано решение стационарной задачи теплопроводности с учетом фазовых переходов. Время t промерзания зимней дороги на болоте находили по уравнению

$$t = \frac{Q \left(\frac{1}{\alpha_a} + \frac{h_c}{\lambda_c} + \frac{h_{ад}}{\lambda_{ад}} + \frac{1}{\alpha_f} \right)}{24F(\Theta_1 - \Theta_{ад})}, \quad (7)$$

полученному при решении задачи Стефана с учетом граничных условий I рода [1]:

$$\Theta_s(t) = f_1(S, t).$$

В уравнении (7) обозначено:

- t – время промерзания слоя грунта, сут;
- $h_c, h_{гр}$ – толщина слоя снега и промерзающего слоя грунта, м;
- α_v – коэффициент теплопередачи от воздуха к поверхности грунтового слоя дороги, Вт/(м²·°C);
- α_n – коэффициент теплоотдачи от нижней поверхности минерального слоя грунта (насыпи) к торфяной залежи, Вт/(м²·°C);
- $\lambda_c, \lambda_{гр}$ – коэффициенты теплопроводности снега и минерального грунта, Вт/(м·°C);
- F – площадь слоя, м² (обычно принимают $F = 1$ м²);
- Θ_1 – температура воздуха на поверхности грунтового минерального слоя дороги зимой, °C;
- $\Theta_{гр}$ – температура грунта на поверхности торфяной залежи, °C;
- Q – количество холода, необходимого для замерзания грунта до температуры поверхности торфяной залежи, °C:

$$Q = C_c \gamma_c f_c \Theta_1 h_c + C_{гр} \gamma_{гр} f \Theta_1 h_{гр}, \quad (8)$$

где C_c – теплоемкость снега, приведенная к воде, 4,19 кДж/(кг·°C);
 $C_{гр}$ – теплоемкость грунта, 4,19 кДж/(кг·°C);
 γ_c – плотность снега, приведенная к воде по плотности 1 т/м³;
 $\gamma_{гр}$ – плотность грунта, кг/м³;

Дата	тср, °С	но.сут. м	Q, ккал	hп.сут. м	hт., м	hп.сум. м
4.11	-0.2	0.0000	-827.6	0.0038	0.9962	0.0038
5.11	-1.2	0.0000	-4946.5	0.0071	0.9891	0.0109
6.11	-4.3	0.0000	-17599.4	0.0076	0.9815	0.0185
7.11	-6.9	0.0000	-28024.9	0.0077	0.9739	0.0261
8.11	-3.0	0.0000	-12089.5	0.0076	0.9663	0.0337
9.11	-5.4	0.0000	-21591.8	0.0077	0.9586	0.0414
10.11	-9.8	0.0000	-38871.5	0.0078	0.9507	0.0493
11.11	-18.6	0.0000	-73172.7	0.0079	0.9428	0.0572
12.11	-21.3	0.0000	-83095.4	0.0080	0.9348	0.0652

f_c, f – площадь снега и грунта на дороге, м².

Значения α_v и α_n находим по формулам

$$\alpha_{\dot{a}} = \frac{\lambda_{\dot{a}}}{h_{\dot{a}}}; \quad (9)$$

$$\alpha_{\dot{i}} = \frac{\lambda_{\dot{o}}}{h_{\dot{o}}}, \quad (10)$$

где λ_v, λ_t – коэффициенты теплопроводности воздуха и торфа, Вт/(м·°C);

h_v, h_t – толщина воздушного слоя теплообмена и слоя промерзающего торфа, м.

Для решения задачи промерзания грунта или торфа необходимо задаться временем промерзания (сутки). Температура воздуха после перехода через 0 °C меняется постепенно. Поэтому промерзание грунта и торфа на дороге следует рассчитывать за каждые сутки. Для облегчения расчетов нами разработана программа для ЭВМ. Образец распечатки с экрана монитора приведен на рис. 2.

Рис. 2. Пример распечатки результатов расчета глубины промерзания однослойной зимней дороги на болоте I типа

Рекомендации по определению срока эксплуатации зимних дорог

Каждый тип зимних дорог имеет свои преимущества и недостатки.

К достоинствам однослойных дорог относят простоту конструкции, низкую стоимость строительства и содержания; к недостаткам – малый срок

эксплуатации по сравнению с двух- и многослойными конструкциями. В принципе их можно применять на болотах различных типов, но срок действия зависит от толщины слоя мерзлого торфа. Соответствующие данные, рассчитанные при нагрузке $P = 165$ кН, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип болота	Температура, °С	Толщина слоя мерзлого торфа h_1 , см	Глубина промерзания h_2 , см, по датам										Дата начала эксплуатации дороги	
			05.11	10.11	15.11	20.11	25.11	30.11	05.12	10.12	15.12	30.12		
I	-1	19												21.11
	-5	19	1,1	4,9	8,9	13,9	17,4	21,6	26,2	30,1	36,0	41,4		27.11
	-10	17												25.11
II	-1	24												30.11
	-5	23	1,2	5,2	9,5	13,8	15,3	22,9	27,8	32,9	38,4	44,2		01.12
	-10	21												27.11
III	-1	30												04.12
	-5	30	1,5	5,8	10,6	15,5	20,7	25,9	31,5	37,5	43,9	50,8		04.12
	-10	26												30.11

Таким образом, начало эксплуатации однослойных зимних дорог на болотах зависит от трех факторов: толщины слоя мерзлого торфа h_1 , определяемой расчетом на прочность; глубины промерзания торфа h_2 ; типа болота и погодных-климатических условий местности.

В принципе однослойные зимние дороги можно устраивать на болотах всех трех основных типов, но срок их действия различен: наибольший для болот I типа, наименьший – III типа.

Двух-, трех- и многослойные дороги имеют более сложную конструкцию и высокую стоимость строительства. Это окупается, однако, продлением срока их службы осенью и весной.

В табл. 3 приведены значения полной толщины дорожной одежды H и слоя мерзлого торфа h_4 , рассчитанного по прочности, и глубины промерзания двухслойных дорог h_2 в разных природно-климатических условиях местности. Полагаем, что верхний слой представляет собой насыпь из песка толщиной 25 см, нижний – мерзлый торф.

Таблица 3

Тип болота	Температура, °С	Толщина, см		Глубина промерзания h_2 , см, по датам							Дата начала эксплуатации дороги	
		H	h_4	05.11	10.11	15.11	20.11	25.11	30.11	05.12		
I	-1	42,9	17,9									25.11
	-5	39,5	14,5	8,5	29,5	34,2	38,2	42,3	46,3	50,7		22.11
	-10	35,2	10,2									17.11
II	-1	44,8	19,8									27.11
	-5	41,4	16,4	8,5	30,4	34,5	38,7	43,1	43,4	52,0		23.11
	-10	37,2	12,2									19.11
III	-1	46,8	21,8									27.11
	-5	43,4	18,4	8,5	30,6	35,2	39,9	44,9	49,7	55,0		24.11

| -10 | 39,2 | 14,2 | | | | | | | | 20.11

Из данных табл. 3 видно, что устройство двухслойной зимней дороги в одних и тех же условиях позволит примерно на 8 дн. увеличить срок службы зимней дороги осенью по сравнению с однослойной.

Другие типы двухслойных зимних дорог, верхний слой которых представляет собой продольный деревянный настил, несмотря на увеличение их прочности, не рекомендуются для практического применения, так как настил приходится засыпать слоем грунта, и конструкция становится уже трехслойной.

В табл. 4 приведены данные расчета для трехслойной зимней дороги, состоящей из грунтовой насыпи, продольного деревянного настила и мерзлого торфа.

Как видим, с момента начала промерзания грунта (т. е. 05.11) толщина слоя мерзлого торфа является отрицательной, следовательно, прочность трехслойной дорожной одежды за счет промерзания насыпи достаточна даже при отсутствии слоя мерзлого торфа.

Таблица 4

Тип болота	Температура, °С	Толщина, см			Глубина промерзания h_2 , см, по датам							Дата начала эксплуатации дороги
		H	h_1	h_4	05.11	10.11	15.11	20.11	25.11	30.11	05.12	
I	-1	35,0	25,0	-1,6								05.11
	-5	35,0	25,0	-3,4	18,7	40,0	45,4	51,0	57,0	62,8	69,6	05.11
	-10	35,0	25,0	-5,7								05.11
II	-1	35,0	25,0	-1,9								05.11
	-5	35,0	25,0	-8,0	18,7	40,1	45,8	51,7	58,2	64,4	71,7	05.11
	-10	35,0	25,0	-4,8								05.11
III	-1	35,0	25,0	-1,2								05.11
	-5	35,0	25,0	-6,0	17,8	40,4	45,7	53,4	60,7	67,7	76,2	05.11
	-10	35,0	25,0	-2,9								05.11

Примечание. H – полная толщина дорожной одежды; h_1 – толщина деревянного настила; h_4 – толщина слоя мерзлого торфа.

Данные табл. 4 показывают:

толщина грунтового слоя (насыпи) во всех случаях была принята равной 25 см; толщину продольного (или поперечного) деревянного настила h_2 варьировали и принимали равной 10 и 20 см;

толщина мерзлого слоя торфа h_4 при любом расположении деревянного настила ($h_2 = 10$ см или $h_2 = 20$ см) имеет отрицательное значение. Поэтому прочность зимней дороги на болотах обеспечивается за счет прочности первых двух слоев: насыпи и деревянного настила. По мере увеличения толщины настила прочность возрастает.

Рассмотрим сводные результаты расчета, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

Тип болота	Температура, °С	Однослойная дорога			Двухслойная дорога			Трехслойная дорога		
		t_n	Δt	h_4	t_n	Δt	h_4	t_n	Δt	h_4
I	-1	27.11	19	35	25.11	36	18	05.11	56	-1,6
	-5	27.11	19	35	22.11	39	15	05.11	56	-1,4
	-10	25.11	17	37	17.11	44	10	05.11	56	-5,7
II	-1	30.11	23	32	27.11	35	20	05.11	56	-1,9
	-5	01.12	24	31	23.11	38	16	05.11	56	-2,0
	-10	27.11	21	35	19.11	42	12	05.11	56	-4,3
III	-1	04.12	30	27	27.11	34	22	05.11	56	-1,2
	-5	04.12	30	27	24.11	37	18	05.11	56	-1,5
	-10	30.11	26	27	20.11	41	14	05.11	56	-2,5

Примечание. t_n – дата начала эксплуатации зимней дороги; Δt – продолжительность работы дороги до конца года, сут; h_4 – требуемая толщина мерзлого торфа, см.

По данным, приведенным в табл. 5, можно сделать выводы.

1. Наиболее прочной и долговечной является трехслойная зимняя дорога, состоящая из грунтовой насыпи, продольного деревянного настила и слоя мерзлого торфа. Она обеспечивает эксплуатацию сразу после наступления устойчивой морозной погоды и промерзания насыпи из минерального грунта. Промерзание торфа не обязательно.

2. Допустимо устраивать однослойную зимнюю автомобильную дорогу, однако ее эксплуатация возможна в наименьшие сроки и после промерзания торфа на глубину не менее 20 ... 30 см.

3. Двухслойная дорога занимает промежуточное положение между однослойной и трехслойной. При ее устройстве увеличивается срок службы дороги и снижаются требования к глубине промерзания болота.

Результаты расчетов являются ориентировочными, так как получены с учетом осредненных температур наружного воздуха по данным многолетних наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорощев А.Г., Дорощев В.А. Зимние лесовозные дороги с увеличенным сроком действия: Обзор. информ. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987. – 52 с. (Лесоэксплуатация и лесосплав; Вып. 10).
2. Морозов В.С. Справочное пособие по определению толщины зимних автомобильных дорог на болотах. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2000. – 40 с.
3. Морозов С.И., Павлов Ф.А. Современные методы строительства лесовозных дорог. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 88 с.
4. Морозов С.И. и др. Зимние дороги в лесной промышленности / С.И. Морозов, Ф.А. Павлов, Л.Н. Плакса, Э.Н. Савельев. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 168 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 24.01.02

V.S. Morozov

Recommendations on Choosing Road Type for Bogs

The design model, as well as mathematical and computer models for choosing the construction type of pavements for seasonal winter roads on bogs are substantiated.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.047

А.П. Капишников

Капишников Александр Петрович родился в 1948 г., окончил в 1974 г. Ленинградское высшее военное инженерно-техническое училище, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Военного инженерно-технического университета. Имеет более 60 научных трудов в области полезного использования теплоты продуктов сгорания при сжигании природного газа, жидкого и твердого топлива, древесных отходов.



ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ $id\alpha$ -ДИАГРАММЫ

Перевод заложенных в $id\alpha$ -диаграмму исходных данных в форме аппроксимационных уравнений позволяет осуществить расчет процесса сушки древесины и его автоматическое управление на ЭВМ.

$id\alpha$ -диаграмма, сушка древесины, аппроксимационное уравнение, коэффициент полинома, абсолютное влагосодержание, относительная влажность, энтальпия, перегретый пар, коэффициент избытка воздуха.

Основой расчета процесса сушки пиломатериалов при использовании в качестве сушильного агента продуктов сгорания является $id\alpha$ -диаграмма [2]. Перевод заложенных в эту диаграмму исходных данных в форме аппроксимационных уравнений позволяет осуществить расчет процесса сушки древесины на ЭВМ. Наиболее важные для практического использования параметры – относительная и абсолютная влажность, температура сухого и мокрого термометров, энтальпия сушильного агента.

Относительную влажность находят по формуле

$$\varphi = P_{\text{п}} / P_{\text{нас}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{п}}$ – давление водяного пара в газовой смеси, мм рт. ст.;

$P_{\text{нас}}$ – давление насыщенного водяного пара при той же температуре, мм рт. ст.

Определение давления насыщенного пара по температуре выполняется с помощью аппроксимационного уравнения, коэффициенты которого представлены в табл. 1.

Таблица 1

Термодинамические свойства воды и водяного пара в состоянии насыщения

Коэф- фициент полинома аргумента	Давление, бар		Удельный объем, м ³ /кг		Энтальпия, Дж/кг	
			<i>v'</i>	<i>v''</i>	<i>i'</i>	<i>i''</i>
	Численные значения коэффициента при температуре, °С					
	0...49	49...174	0...349	0...54	0...329	0...304
α_0	$5,84086 \cdot 10^{-3}$	0,14619	$1,01007 \cdot 10^{-3}$	205,628	-0,4058	2501,46
$\alpha_1 t$	$6,15310 \cdot 10^{-4}$	$-7,7993 \cdot 10^{-3}$	$-8,0823 \cdot 10^{-7}$	-13,419	4,2517	1,7802
$\alpha_2 t^2$	$-1,6705 \cdot 10^{-6}$	$2,03912 \cdot 10^{-4}$	$1,90028 \cdot 10^{-8}$	0,41364	-1,9762	$1,53709 \cdot 10^{-3}$
$\alpha_3 t^3$	$7,2321 \cdot 10^{-7}$	$-1,8842 \cdot 10^{-6}$	$-9,0887 \cdot 10^{-11}$	$-6,4663 \cdot 10^{-3}$	$2,03367 \cdot 10^{-5}$	$-2,3308 \cdot 10^{-5}$
$\alpha_4 t^4$	–	$1,49235 \cdot 10^{-8}$	$1,71037 \cdot 10^{-13}$	$4,01597 \cdot 10^{-5}$	$-7,8605 \cdot 10^{-8}$	$6,01955 \cdot 10^{-8}$
$\alpha_5 t^5$	–	–	–	–	$1,38382 \cdot 10^{-10}$	$-1,1661 \cdot 10^{-10}$

Продукты сгорания состоят из N₂, CO₂, SO₂, O₂ и водяного пара.
Объемная доля водяного пара

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} \Delta\alpha + V_{H_2O}}, \quad (2)$$

где $V_{H_2O}, V_{RO_2}, V_{N_2}$ и V_{O_2} – объемы водяного пара, трехатомных газов, азота и кислорода, отнесенные к 1 кг топлива [3], м³/кг;
 α – коэффициент избытка воздуха.

При известном барометрическом давлении B давление (в мм рт. ст.) водяного пара

$$P_n = B r_{H_2O}. \quad (3)$$

Абсолютное влагосодержание (в кг/кг сухих продуктов сгорания) находят по формуле

$$d = \frac{P_i R_a T}{(B - P_i) R_i T} = \frac{R_a}{R_i} \frac{\phi D_{i\text{ан}}}{\hat{A} - \phi D_{i\text{ан}}}, \quad (4)$$

где R_i, R_n – газовая постоянная неконденсирующейся части продуктов сгорания и водяного пара, Дж/(кг·К);

T – температура продуктов сгорания, К.

Объемные доли составляющих газов продуктов сгорания

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{\sum V_i}; \quad r_{N_2} = \frac{V_{N_2}}{\sum V_i}; \quad r_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{\sum V_i}. \quad (5)$$

Объемные доли для неконденсирующейся части продуктов сгорания

$$r'_{RO_2} = \frac{r_{RO_2}}{1 - r_{H_2O}}; \quad r'_{N_2} = \frac{r_{N_2}}{1 - r_{H_2O}}; \quad r'_{O_2} = \frac{r_{O_2}}{1 - r_{H_2O}}. \quad (6)$$

Молекулярная масса неконденсирующейся части продуктов сгорания

$$\dot{M}_0 = r'_{\text{RO}_2} \dot{M}_{\text{N}_2} + r'_{\text{N}_2} \dot{M}_{\text{N}_2} + r'_{\text{O}_2} M_{\text{O}_2}. \quad (7)$$

Мольные доли неконденсирующейся части продуктов сгорания

$$m'_{\text{RO}_2} = \frac{r'_{\text{RO}_2} M_{\text{RO}_2}}{M_0}; \quad m'_{\text{N}_2} = \frac{r'_{\text{N}_2} M_{\text{N}_2}}{M_0}; \quad m'_{\text{O}_2} = \frac{r'_{\text{O}_2} M_{\text{O}_2}}{M_0}. \quad (8)$$

Газовая постоянная неконденсирующейся части продуктов сгорания

$$R_{\bar{a}} = R_{\text{RO}_2} m'_{\text{RO}_2} + R_{\text{N}_2} m'_{\text{N}_2} + R_{\text{O}_2} m'_{\text{O}_2}. \quad (9)$$

Для насыщенного состояния водяного пара абсолютное влагосодержание максимально:

$$d_{\text{f}\bar{a}\bar{n}} = \frac{R_{\bar{a}}}{R_{\bar{i}}} \frac{D_{\text{f}\bar{a}\bar{n}}}{\hat{A} - D_{\text{f}\bar{a}\bar{n}}}. \quad (10)$$

Парциальные давления водяного пара и неконденсирующейся части продуктов сгорания связаны с абсолютным влагосодержанием и суммарным давлением следующим образом:

$$D_{\bar{i}} = \frac{\hat{A}d}{R_{\bar{a}}/R_{\bar{i}} + d}; \quad P_{\bar{a}} = \frac{(R_{\bar{a}}/R_{\bar{i}})B}{R_{\bar{a}}/R_{\bar{i}} + d}. \quad (11)$$

Энтальпия продуктов сгорания над линией насыщения $\varphi = 1$ состоит из двух частей: энтальпии составляющих неконденсирующейся части продуктов сгорания и энтальпии водяного пара в перегретом состоянии:

$$J = (c_{\text{CO}_2} m'_{\text{RO}_2} + c_{\text{N}_2} m'_{\text{N}_2} + c_{\text{O}_2} m'_{\text{O}_2})t + i_{\text{п}} d, \quad (12)$$

где $c_{\text{CO}_2}, c_{\text{N}_2}, c_{\text{O}_2}$ – удельная теплоемкость составляющих неконденсирующихся частей продуктов сгорания, Дж/(кг·К);

t – температура продуктов сгорания, °С;

$i_{\text{п}}$ – энтальпия перегретого пара, Дж/кг.

Теплофизические свойства $\text{CO}_2, \text{N}_2, \text{O}_2$ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Теплофизические свойства газов

Коэффициент полинома аргумента	Плотность, кг/м ³			Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)		
	Численные значения коэффициента при температуре, °С					
	0...200			0...400		
	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂
α_0	1,971	1,247	1,4219	815,104	1040,7	911,83
$\alpha_1 t$	-0,0066	-0,0039	-0,454	1,04015	-0,0549	0,22304
$\alpha_2 t^2$	$1,28 \cdot 10^{-5}$	$6,9 \cdot 10^{-6}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$-7,7 \cdot 10^{-4}$	$4,573 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$

Таблица 3

Уравнения аппроксимации для энтальпии перегретого водяного пара

Коэффициент полинома аргументов	Температура, °С			
	6...550	32...550	45...550	65...550
	Численные значения коэффициента при давлении, бар			
	0,01...0,05	0,05...0,10	0,10...0,22	0,22...0,30
α_0	2478,663	5125,652	3501,268	891,9587
$\alpha_1 t^{0,05}$	164,993	-1645,44	-2899,77	658,7162
$\alpha_2 P^{0,05}$	755,7046	2131,611	4274,484	587,8756
$\alpha_3 t^{0,1}$	-1023,55	-4878,62	-5791,06	420,3514
$\alpha_4 P^{0,1}$	-129,834	260,3582	3491,823	350,1599
$\alpha_5 t^{0,25}$	637,8403	3117,868	3632,211	-183,343
$\alpha_6 P^{0,25}$	-467,955	-1402,36	-1653,27	-67,7658
$\alpha_7 t^{0,5}$	-195,962	-693,606	-715,124	-46,5424
$\alpha_8 P^{0,5}$	240,033	65,9956	-4333,81	-206,48
$\alpha_9 t^{0,75}$	47,51309	122,6628	113,9487	27,31837
$\alpha_{10} P^{0,75}$	202,3436	735,8717	717,7958	-96,6957
$\alpha_{11} t$	-3,85055	-9,40339	4986,685	-2,58352
$\alpha_{12} P$	-109,564	387,8449	-7,94838	29,79141
$\alpha_{13} t P$	0,031953	0,031275	0,026805	0,024273
$\alpha_{14} t^{1,5}$	0,049928	0,067185	0,058266	0,047754
$\alpha_{15} P^{1,5}$	-349,177	-984,985	-3056,46	111,7455

Таблица 4

Уравнения аппроксимации для удельного объема перегретого водяного пара

Коэффициент полинома аргументов	Температура, °С			
	6...550	17...550	24...550	28...550
	Численные значения коэффициента при давлении, бар			
	0,01...0,02	0,02...0,03	0,03...0,04	0,04...0,05
α_0	375,6264	301,9078	92,03947	70,58119
$\alpha_1 t^{0,05}$	180,4417	-51,8131	58,68347	41,60556
$\alpha_2 P^{0,05}$	-51,3279	97,34527	10,82114	16,02202
$\alpha_3 t^{0,1}$	98,68788	-209,539	27,61258	14,88621
$\alpha_4 P^{0,1}$	-286,154	-46,5787	-47,5039	-24,202
$\alpha_5 t^{0,25}$	-126,030	141,324	-34,9707	-36,538
$\alpha_6 P^{0,25}$	-537,663	-245,956	-131,239	-86,7079
$\alpha_7 t^{0,5}$	37,74881	35,65	9,3343	14,96928
$\alpha_8 P^{0,5}$	-400,179	-242,069	-130,378	-94,7023
$\alpha_9 t^{0,75}$	-8,26081	6,981674	-1,80798	-3,85311
$\alpha_{10} P^{0,75}$	-163,241	-153,32	-88,1803	-68,7853
$\alpha_{11} t$	1,591258	-0,30811	0,442825	0,668866
$\alpha_{12} P$	140,9083	-83,5191	-51,8304	-43,2059
$\alpha_{13} t P$	-23,0788	-7,69277	-3,84807	-2,3061
$\alpha_{14} t^{1,5}$	-0,0074	0,004866	-0,00111	-0,00417
$\alpha_{15} P^{1,5}$	1224,289	-20,3287	-14,8048	-14,0529
$\alpha_{16} t^{1,5} P^{1,5}$	0,000648	0,000131	0,000346	-0,00018
$\alpha_{17} t^2$	$5,19 \cdot 10^{-5}$	$-3,00 \cdot 10^{-5}$	$6,08 \cdot 10^{-6}$	$3,04 \cdot 10^{-5}$
$\alpha_{18} P^2$	-44,4741	-4,25419	-3,61575	-3,9279

Энтальпию и удельный объем перегретого водяного пара вычисляют по уравнениям $i_{\text{п}} = \int (t, P_{\text{п}})$ и $v_{\text{п}} = \int (t, P_{\text{п}})$, коэффициенты полиномов которых приведены в табл. 3, 4. Аппроксимация выполнена по данным [1, 4].

$I d\alpha$ -диаграмма не рассматривает парогазовую смесь при переходе водяного пара во влажное состояние. В этом случае влажный пар включает сухой насыщенный пар и воду. Он характеризуется степенью сухости:

$$\tilde{\sigma} = \frac{\dot{I}_{\text{г}}}{\dot{I}_{\text{г}} + \dot{I}_{\text{а}}}, \quad (13)$$

где $M_{\text{п}}$ и $M_{\text{в}}$ – масса пара и воды, кг.

Абсолютное влагосодержание находят по зависимости, которая аналогична (4):

$$d = \frac{R_{\text{а}}}{R_{\text{г}}} \frac{\tilde{\sigma} D_{\text{г}\text{а}\text{н}}}{\hat{A} - \tilde{\sigma} D_{\text{г}\text{а}\text{н}}}. \quad (14)$$

Продукты сгорания ниже линии насыщения становятся двухфазной средой, которая состоит из газов и капель влаги.

Для области влажного пара энтальпию и удельный объем определяют по следующим уравнениям:

$$i_x = i'(1 - x) + i''x; \quad (15)$$

$$v_x = v'(1 - x) + v''x, \quad (16)$$

где i' , v' и i'' , v'' – энтальпия и удельный объем соответственно кипящей жидкости и сухого насыщенного пара.

Программа расчета, выполненная на ЭВМ, позволяет определять изменения тепловлажного состояния двухфазного потока многокомпонентной смеси продуктов сгорания. При этом возможен учет колебания величины суммарного давления смеси, коэффициента избытка воздуха и объемных долей составляющих продуктов сгорания в процессе сушки пиломатериалов. Это создает предпосылки для использования микропроцессорной техники при управлении сушкой древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вукалович М.П., Ривкин С.Л., Александров А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – 408 с.
2. Серговский П.С. Гидродинамическая обработка и консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 400 с.
3. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. – М.: Энергия, 1973. – 295 с.
4. Урушев М.В. Теплофизические свойства рабочих тел, теплоносителей и материалов. – Л.: ЛВВИСКУ, 1976. – 147 с.

Военный инженерно-технический университет

Поступила 5.09.01

A.P. Kapishnikov

Electronic Version of $id\alpha$ -Diagram

Transfer of the initial data laid in $id\alpha$ -diagram in the form of approximated equations allows realizing the computation of wood drying process and its automatic control on computer.

УДК 674.023

А.М. Копейкин

Копейкин Адольф Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, заместитель генерального директора ОАО «Научдревпром-ЦНИИМОД», заслуженный работник лесной промышленности. Имеет около 100 научных трудов в области прогнозирования развития отрасли, технологий и технологических процессов лесопиления и деревообработки, комплексного использования древесины.



ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЯГКОЛИСТВЕННОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЛОПРОДУКЦИИ

Определены основные направления исследований и работ по улучшению технико-экономических характеристик переработки сырья мягколиственных пород.

мягколиственные породы, пиломатериалы, технология.

В общем объеме пиломатериалов, вырабатывавшихся на территории СССР до 1990 г., основную часть (82 ... 84 %) составляли хвойные породы, 17 ... 15 % – мягколиственные, около 1 % – твердолиственные. Часть пилопродукции из мягколиственной древесины имела самостоятельное целевое назначение (заготовки для мебели и паркета), оставшаяся (причем большая) часть выступала в качестве заменителя пиломатериалов из хвойной древесины. Хотя выпуск этой продукции на большинстве предприятий и объединений не был рентабельным, в доперестроечный период из-за дефицита древесного сырья периодически поднимался вопрос об увеличении переработки мягколиственной древесины во всех лесопотребляющих отраслях, в том числе и в лесопилении. С этой целью был взят курс на концентрацию переработки хвойной древесины на крупных и средних лесопильных предприятиях и строительство специализированных цехов по производству пиломатериалов из березы и осины мощностью до 20 тыс. м³ в год. Считалось, что это обеспечит полное использование всех ресурсов древесины.

Изменение экономической политики государства перечеркнуло эти надежды, хотя и до 1990 г. возможный эффект от этого мероприятия был сомнительным. Специалисты Гипродрева (О.В. Попов, В.Ф. Малинин) уже в то время говорили о необходимости технологических нововведений и предлагали более простые схемы раскроя для мягколиственной и низкокачественной древесины. Работы ЦНИИМОДа и других научных организаций показали, что особенности размерно-качественных характеристик мягколи-

венного сырья не позволяют использовать технологию его переработки с тех же отправных позиций, как для хвойной древесины, и неизбежно приведут к отрицательным результатам.

Если проанализировать исследования, выполненные белорусской школой (Н.А. Батин, А.А. Янушкевич и др.), учеными ЛТА (В.С. Ясинский, В.М. Маркелов), СибТИ (В.Ф. Ветшева, Л.Н. Малыгин, Л.В. Печкина и др.), то можно сделать вывод о том, что положительный экономический эффект при переработке мягколиственного сырья на различные виды пилопродукции получается, в основном, от использования вторичных ресурсов древесины либо после склеивания заготовок от первичного раскроя. Один этот факт уже говорит о том, что переработка мягколиственного сырья в производстве пилопродукции является самостоятельной проблемой как в экономическом, так и в технологическом плане.

По данным Федеральной лесной службы (Ю.А. Кукуев), по состоянию на 1993 г. площадь, занятая мягколиственными породами, составляла 113,2 млн га или около 16 % лесопокрытой площади. Запас древесины мягколиственных пород на корню оценивался в 12,1 млрд м³ (16,6 % общего запаса), причем более половины приходилось на долю спелой и перестойной. Традиционно считалось, что освоение мягколиственных ресурсов более актуально для Европейско-Уральской зоны и только для территорий за пределами таежных лесов, однако наблюдения последних лет показали, что это проблема отнюдь не регионального характера. По данным СибНПЛО (Л.Н. Малыгин, А.А. Баценко), в Красноярском крае удельный вес лиственных в расчетной лесосеке равен 32 %, хотя в лесфонде они занимают только 11 %. В каждом четвертом лесхозе края более 50 % расчетной лесосеки приходится на лиственные породы (береза и осина в различных соотношениях). Подобная картина складывается и по другим лесодобывающим регионам вследствие естественного облесения площадей, пройденных лесозаготовками. Например, в Архангельской области в 1999–2000 гг. доля мягколиственных в общем запасе и фактической вырубке была примерно 11 %, в расчетной лесосеке – 17 %, в приросте – 28 %.

Мягколиственную древесину применяют во всех лесоперерабатывающих производствах. В 1992 г. из общего количества (41,1 млн м³) мягколиственного сырья 49,4 % (20,3 млн м³) было использовано в лесопилении, 12,0 % – в целлюлозно-бумажном производстве, 11,0 % – в строительстве и ремонтных работах, 9,7 % – в производстве плит, 8,7 % – фанеры, остальное пришлось на тарное, спичечное и лесохимическое производства, реализацию населению и др. По прогнозу, приведенному в «Федеральной программе развития лесопромышленного комплекса РФ», при общем увеличении потребления древесины после 2000 г. доля мягколиственного сырья для производства пилопродукции не будет ниже 40 %. Это значит, что даже при оживлении экономики проблема переработки мягколиственной древесины в лесопилении не будет снята.

Задача эффективной переработки мягколиственной древесины начала формироваться как самостоятельная проблема в 70-х годах. Первона-

чально она имела ярко выраженный локальный и региональный характер и не воспринималась как общеотраслевая проблема. В ЦНИИМЭ (А.Е. Феоктистов, Л.Л. Тютюкова и др.) исследования проводили с привязкой к цехам леспромхозов, ориентированных на выпуск мелкой пилопродукции. Изучением раскроя мягколиственного пиловочного сырья в течение ряда лет занималась группа ученых БелТИ (Н.А. Батин, В.И. Пастушени, А.А. Янушкевич и др.), которые установили, что наиболее перспективна переработка березы, осины и ольхи на заготовки для паркета, мебели и технологическую щепу. Ими была предложена технология переработки мягколиственного пиловочника, предусматривающая операции вторичного раскроя пиломатериалов в лесопильном потоке сразу после их сортировки по размерно-качественным признакам. Этому же направлению посвящены работы Г.Л. Цотадзе, который исследовал эффективность раскроя мелкотоварной ольхи в условиях Грузии.

На основании сравнительных исследований Г.Н. Кондратова установила, что развальный метод переработки уральской березы обеспечивает более высокий выход при меньших затратах, чем брусово-развальный и сегментно-развальный методы. Подобные результаты получены В.С. Ясинским и В.М. Маркеловым для березового и осинового сырья, заготовленного в Северо-Западном регионе. Перечисленные работы, а также ранее выполненные исследования С.Н. Рыкунина, К.С. Худина, Ю.М. Бенько, Г.М. Гербея и последующие эксперименты Г.И. Бересневой ориентируют промышленность на выработку из мягколиственной древесины в основном мелкой пилопродукции – заготовок тары, ЧМЗ, строительных деталей и др. Однако реализация этих технологических идей не всегда целесообразна и возможна по ряду объективных причин, в частности из-за неудобства внутривозовского обращения мелких отрезков древесины и их транспортирования потребителю. Для того, чтобы обойти эти трудности, предприятия переходили к простейшей технологии – вырабатывали необрезные доски и поставляли их потребителям без какого-либо дополнительного облагораживания. В этом случае внешне маскировались качественные недостатки мягколиственной древесины, выход продукции оставался достаточно высоким, однако ее конкурентоспособность резко снижалась, так как все трудоемкие операции переносились на потребителя, увеличивая его издержки. Очевидно, что, несмотря на имеющиеся успехи, проблему эффективной переработки мягколиственного сырья с учетом его размерно-качественных особенностей нельзя считать решенной даже на общетеоретическом уровне.

Размерно-качественные характеристики листового пиловочного сырья регламентируются ГОСТ 9462–88. Из всего перечня пород промышленное значение для производства пилопродукции имеют только береза (два вида) и осина. По данным ЦНИИМОДа распределение сырья по размерным группам для этих пород резко различается. Для березы средние лесоматериалы (диаметр 14 ... 24 см) составляют 79,8 %, крупные – 20,2 %, для осины соответственно 56,2 и 43,8 %. Распределение по сортам у обеих пород

приблизительно одинаково, в среднем по России принимается следующее соотношение, %: 1-й сорт – 27, 2-й – 45, 3-й – 28.

Основными сортообразующими пороками у березы являются сучки и кривизна, у лесоматериалов 3-го сорта к ним добавляются прорость, сухобокость и механические повреждения. У осины, кроме сучков и кривизны, большое влияние на сортность оказывают дупло и различные виды гнили. Необходимо отметить, что по своим размерно-качественным характеристикам мягколиственное сырье резко отличается от пиловочника хвойных пород. Следовательно, приемы его переработки должны отличаться от традиционно сложившейся технологии, ориентированной на массовую распиловку хвойного сырья, которое имеет более однородные качественные характеристики. Итак, информационный аспект технологии, который не столь значим для хвойных пород древесины, при переработке мягколиственного сырья должен учитываться в первую очередь.

Анализ структуры себестоимости и трудоемкости при производстве пилопродукции по сложившейся технологии показывает, что в общих затратах ведущее место занимают расходы на сырье и оплату труда (в сумме с социалом), в затратах труда – операции по распиловке и сушке сырья с последующей обработкой (рис. 1, 2).

Как установлено, все ранее проводившиеся исследования были направлены на снижение расходов на сырье за счет повышения выхода пиломатериалов и рационального использования вторичных ресурсов древесины. Этот аспект проблемы применения пиловочного сырья мягколиственных пород изучен сейчас достаточно глубоко и следует признать, что здесь все известные резервы уже исчерпаны. Следовательно, основным направлением

Рис. 1. Структура себестоимости C пиломатериалов (по горизонтальной оси: 1 – сырье, 2 – оплата труда и социалог, 3 – услуги со стороны, 4 – топливо, 5 – энергия, 6 – амортизация)

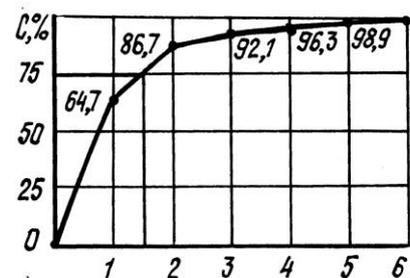
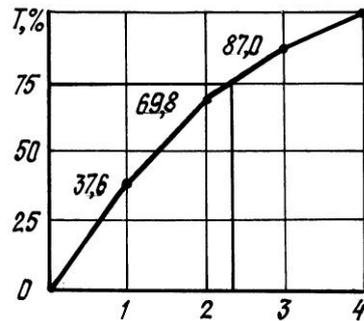


Рис. 2. Структура трудоемкости T по фазам производства (по горизонтальной оси: 1 – распиловка сырья, 2 – сушка и обработка после сушки, 3 – подготовка сырья к распиловке, 4 – отгрузка продукции)



дальнейших работ должен быть поиск резервов в построении технологического процесса, сокращении затрат, связанных с реализацией технологии. Для этого необходимо решить следующие задачи:

построить общую модель технологического процесса производства пиломатериалов, учитывающую не только технологические операции, но и связи между ними;

выявить в этой модели лишние элементы и наметить пути их устранения;

определить возможность корректного дробления модели на участки с гибкими связями между ними.

Эти выводы еще раз подтверждают, что использование мягколиственного сырья в производстве пиломатериалов является самостоятельной проблемой, требующей системных мероприятий для своего разрешения как в теоретическом, так и в практическом плане.

ОАО «Научдревпром-ЦНИИМОД»

Поступила 27.11.01

A.M. Kopeikin

Problems of Rational Use of Sawed Raw Material from Soft-leaved Species in Sawed Timber Production

The main directions of research and activity aimed at improving feasibility characteristics of soft-leaved species processing are specified.

**ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**

УДК 661.728.2

Ф.Х. Хакимова, О.А. Носкова, Т.Н. Ковтун

Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы, зав. кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет более 150 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.

**ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ
ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПОРОШКА**

Исследовано изменение физико-химических свойств хлопковой и сульфитной древесной целлюлозы в процессе кислотного гидролиза с получением целлюлозного порошка.

целлюлоза, гидролиз, физико-химические свойства, изменение свойств.

Порошковая целлюлоза в силу исключительных качеств, не присущих природной целлюлозе, в последнее время нашла достаточно широкое распространение. Разработано множество способов получения порошковой целлюлозы. В результате химической или механической деструкции природной целлюлозы происходит изменение ее свойств. Внешне похожие целлюлозные порошки имеют разные свойства в зависимости от вида сырья, условий и способа получения.

Цель данной работы заключалась в исследовании изменения физико-химических свойств различных видов целлюлозы в процессе кислотного гетерогенного гидролиза.

В качестве исходного сырья были выбраны хлопковая и сульфитная вискозная целлюлоза. В качестве гидролизующих агентов – водные растворы соляной и азотной кислот. Характеристика исходного сырья представлена в табл. 1.

Условия получения порошковой целлюлозы приведены в табл. 2 и являются оптимальными, как установлено нами ранее.

Таблица 1

Показатели	Численные значения показателей для целлюлозы	
	вискозной	хлопковой
Степень полимеризации	750	950
Белизна, %	88,2	88,0
Сорбционная способность по йоду, мг J ₂ /г целлюлозы	62,2	53,5
Водоудержание, %	59,2	31,5
Медное число, г/100 г абс. сухой целлюлозы	1,18	0,16
Массовая доля в целлюлозе, %:		
альфа-целлюлозы	92,00	98,00
смола и жиров	0,30	Отсутствуют
зола	0,12	0,12
карбонильных групп	0,06	0,01
карбокислых групп	0,41	0,21

Таблица 2

Условия получения порошковой целлюлозы	Исходная целлюлоза		
	вискозная	хлопковая	
		Соляная кислота	Азотная кислота
Температура гидролиза, °С	85	80	85
Продолжительность гидролиза, мин	110	105	85
Концентрация деструктирующего раствора, %	4,5	2,8	5,0

Для исследования физико-химических изменений целлюлозы проводили ее отбор в процессе гидролитической деструкции через определенные промежутки времени. В полученных образцах порошковой целлюлозы определены показатели ее пригодности для использования в пищевой и медицинской промышленности, а также показатели, характеризующие степень окислительной и гидролитической деструкции.

Кроме того, было исследовано распределение волокон по длине после гидролиза. В процессе гидролиза по мере увеличения степени деструкции происходит разрушение волокон, т.е. уменьшение размеров по длине, и образуется смесь фрагментов различной длины. Установлено, более интенсивное снижение размеров волокон у древесной целлюлозы.

На рис. 1 представлено распределение длины волокон трех образцов порошковой целлюлозы при степени полимеризации СП \approx 250 после гидролиза по оптимальным режимам.

Сравнивая гистограммы, на которых изображено распределение волокон по длине в порошковой целлюлозе, полученной из хлопковой целлюлозы с использованием азотной и соляной кислот (рис. 1, а, б), можно отме-

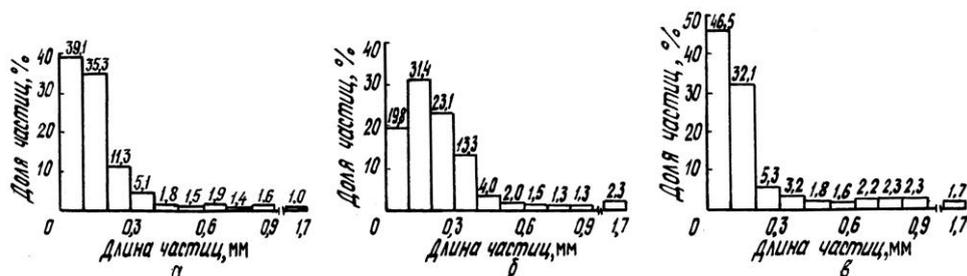


Рис. 1. Распределение частиц целлюлозы по длине после гидролиза хлопковой (а, б) и древесной (в) целлюлозы с азотной (а) и соляной (б, в) кислотами при различной СП: а – 250; б – 247; в – 240

тять, что в первом случае имеем порошковую целлюлозу с более высокой долей мелких волокон (суммарное содержание частиц с размером до 0,3 мм (в дальнейшем – фракция А) составляет 85,6 %), чем во втором (фракция А составляет 74,3 %) при одинаковых величинах СП. Объясняется это, по-видимому, тем, что условия гидролиза хлопковой целлюлозы с применением соляной кислоты более мягкие, чем с азотной кислотой (табл. 2), вследствие более высокой активности HCl. При использовании одного и того же гидролизующего агента (водного раствора соляной кислоты) из древесной целлюлозы был получен целлюлозный порошок с большей (по сравнению с порошком из хлопкового сырья) долей фракции А (рис.1, б, в). Основную долю фракции А древесной порошковой целлюлозы составляют частицы размером до 0,1 мм (46,5 %) и 0,1 ... 0,2 мм (32,1 %). Количество частиц размером 0,2 ... 0,3 мм во фракции А минимальное.

У целлюлозного порошка из хлопковой целлюлозы распределение частиц фракции А по размерам более равномерное. Вероятно, это связано с особенностями морфологического строения сравниваемых волокнистых препаратов целлюлозы и более жесткими условиями получения целлюлозного порошка из древесной целлюлозы (табл. 2).

Одновременно с длиной волокна в процессе гидролиза изменяются и другие физико-химические свойства целлюлозы. На рис. 2, 3 представлено изменение ряда показателей физико-химических свойств исследуемой целлюлозы при гидролизе соляной кислотой. Необходимо отметить практически одинаковый характер изменения физико-химических свойств древесной и хлопковой целлюлозы.

Скорость гидролиза целлюлозы, которую характеризовали по изменению степени полимеризации, в процессе деструкции, независимо от вида исходного сырья и гидролизующего агента, изменяется значительно: на начальной стадии гидролиз протекает с большей скоростью, через определенное время скорость заметно снижается и далее остается почти постоянной.

Так, при гидролизе хлопковой целлюлозы соляной кислотой степень полимеризации на начальной стадии резко снижается (с 950 до 350 за 15 мин), далее СП изменяется медленнее (с 350 до 250 за 80 мин) и через

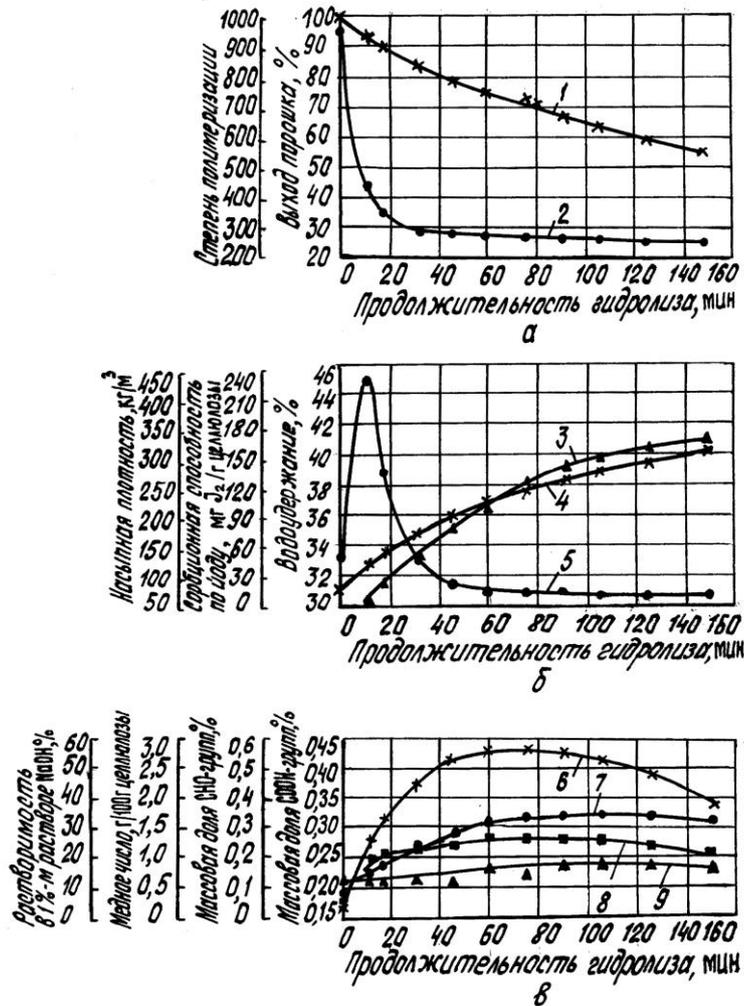


Рис. 2. Изменение физико-химических свойств хлопковой целлюлозы в процессе гидролиза соляной кислотой: 1 – выход порошка, 2 – степень полимеризации, 3 – насыпная плотность, 4 – водоудерживание, 5 – сорбционная способность по йоду, 6 – медное число, 7 – растворимость в 1%-м растворе NaOH, 8 – массовая доля CHO-групп, 9 – массовая доля COOH-групп

определенный промежуток времени (по достижении предельного значения) остается постоянной на всем протяжении процесса.

Исходная степень полимеризации вискозной целлюлозы ниже, чем у хлопковой, но предельная степень полимеризации порошковой целлюлозы, полученной из вискозной целлюлозы гидролизом с соляной кислотой, имеет более высокое значение, чем СП порошковой целлюлозы из хлопкового сырья с использованием той же кислоты (240 против 225) .

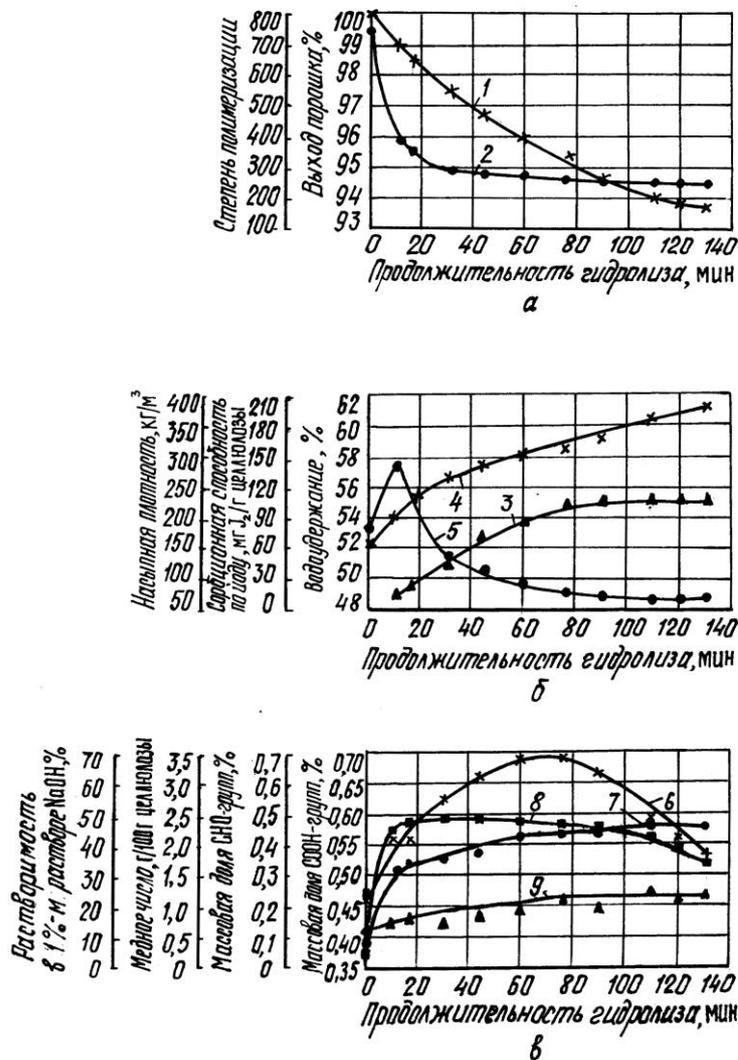


Рис. 3. Изменение физико-химических свойств древесной вискозной целлюлозы в процессе гидролиза соляной кислотой (обозначения см. на рис. 2)

Выход целлюлозы значительно снижается в начальный период процесса гидролиза, когда идет растворение ее аморфной части. После достижения предельной СП (т.е. когда этот показатель не изменяется) выход продолжает снижаться, по-видимому, из-за частичного гидролиза кристаллитов целлюлозы.

В процессе гидролиза снижение выхода вискозной целлюлозы происходит интенсивнее, чем у хлопковой. Объясняется это тем, что древесная целлюлоза содержит меньше альфа-целлюлозы, больше аморфной фракции,

неустойчивой к действию кислот, и окисленных групп, чем хлопковая целлюлоза.

Изменение сорбционной способности по йоду как хлопковой, так и древесной целлюлозы в процессе гидролиза соляной кислотой происходит следующим образом: в начальный период одновременно с резким снижением СП сорбционная способность целлюлозы возрастает значительно вследствие перехода в раствор аморфной части, что приводит к увеличению размера пор и доступной поверхности для йода. При более полном растворении аморфной части ухудшаются условия проникновения йода внутрь волокна, что приводит к снижению сорбционной способности. После достижения предельной СП сорбционная способность целлюлозы не изменяется.

Водоудержание целлюлозы в процессе гидролиза в тех же условиях несколько увеличивается.

Абсолютные значения сорбционной способности и водоудержания для волокнистой древесной целлюлозы и полученного из нее порошка несколько выше, чем для хлопковой целлюлозы. Возможно, это связано с большей дефектностью кристаллитов древесной целлюлозы.

При гидролизе целлюлоза подвергается окислительной деструкции, в результате происходит увеличение растворимости в 1 %-м растворе гидроксида натрия, медного числа, массовой доли карбонильных и карбоксильных групп. При достижении предельной СП медное число и массовая доля карбоксильных групп несколько снижаются, что, возможно, связано с частичным растворением окисленных фракций целлюлозы.

Волокнистая древесная целлюлоза, содержащая больше окисленных групп, более чувствительна к действию различных реагентов, поэтому процессы деструкции и окисления в ходе гидролиза древесной целлюлозы протекают в большей степени, т.е. больше образуется продуктов, содержащих окисленные группы.

Насыпная плотность целлюлозного порошка, полученного из вискозной целлюлозы, ниже, чем из хлопковой. По-видимому, этот показатель в большей степени зависит от анизотрии частиц (отношения длины частиц к их ширине).

Исследования изменения физико-химических свойств хлопковой целлюлозы в процессе гидролиза азотной кислотой показали, что в этом случае СП и выход порошковой целлюлозы ниже, чем при гидролизе с соляной кислотой (при оптимальных условиях гидролиза после достижения предельной СП в обоих случаях), что вероятно объясняется более мягкими условиями процесса гидролиза соляной кислотой. Характер изменения физико-химических свойств хлопковой целлюлозы в процесс гидролиза соляной и азотной кислотами отличается незначительно, но абсолютные величины их разные. Так, показатели, определяющие степень окислительной и гидролитической деструкции, в случае гидролиза азотной кислотой выше вследствие окисляющего действия оксида азота. Однако некоторые свойства целлюлозы практически не зависят от вида деструктирующего агента. К ним можно отнести сорбционную способность и водоудержание.

Таким образом, показано, что изменение основных физико-химических свойств целлюлозы имеет одинаковый характер независимо от вида исходного сырья и гидролизующего агента, но абсолютные значения показателей находятся в непосредственной зависимости от указанных факторов.

Пермский государственный
технический университет

Поступила 23.10.2000 г.

F.Kh. Khakimova, O.A. Noskova, T.N. Kovtun

**Changing Physicochemical Properties of Cellulose in the Process
of Pulp Powder Production**

The dynamics of changing physicochemical properties of cotton and sulfite wood pulp is investigated in the process of acid hydrolysis with obtaining of pulp powder.



УДК 678.029.64

***С.С. Никулин, И.А. Сахокия, А.И. Дмитренко,
О.Н. Филимонова, В.С. Болдырев, О.А. Хохлова***

Никулин Сергей Саввович родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Воронежский технологический институт, доктор технических наук, профессор кафедры химии Воронежской государственной лесотехнической академии, чл.-корреспондент АЕ и ЖКА РФ. Имеет более 200 статей в области создания теоретических основ переработки и использования отходов и побочных продуктов нефтехимических производств и деревообработки, получения композиционных материалов на их основе.



Сахокия Инга Абесаломовна родилась в 1970 г., окончила в 1994 г. Воронежский государственный университет, аспирант кафедры химии Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 10 печатных трудов в области использования отходов и побочных продуктов нефтехимических производств и деревообработки, получения композиционных материалов на их основе.



Дмитренко Александр Иванович родился в 1960 г., окончил в 1983 г. Воронежский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры химии Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных трудов в области переработки и использования отходов и побочных продуктов промышленности синтетического каучука и деревообработки, получения композиционных материалов на их основе.



Филимонова Ольга Николаевна родилась в 1957 г., окончила в 1980 г. Куйбышевский политехнический институт, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры промышленной экологии Воронежской государственной технологической академии. Имеет более 40 печатных работ в области утилизации отходов и побочных продуктов химических и нефтехимических производств.



Болдырев Владимир Семенович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры механической технологии древесины Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет около 50 печатных работ в области технологии древесных плит.



Хохлова Ольга Анатольевна родилась в 1967 г., окончила в 1989 г. Воронежский технологический институт, химик ОТК ОАО «Воронежсинтезкаучук». Имеет более 10 печатных работ в области разработки композиционных материалов на основе продукции промышленности синтетического каучука и деревообработки.



СОПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ КУБОВЫХ ОСТАТКОВ РЕКТИФИКАЦИИ СТИРОЛА – МОДИФИКАТОРЫ ДРЕВЕСИНЫ

Показана возможность получения композиционного древесно-полимерного материала с улучшенными свойствами путем введения в древесину низкомолекулярного сополимера КОРС и последующей термообработки.

древесина, водостойкость, сополимеры кубовых остатков от производства стирола, оксид пропилена, модификаторы.

Материалы из древесины широко применяются в различных отраслях народного хозяйства. Обладая целым комплексом положительных свойств, она имеет и ряд существенных недостатков – низкую водо- и влагостойкость, что в конечном итоге приводит к снижению продолжительности эксплуатации изделий из нее. Улучшение качества древесины может быть достигнуто путем введения в нее различных материалов как органического, так и неорганического происхождения [3, 5, 14]. Среди большого разнообразия предлагаемых модифицирующих агентов особое внимание обращено на стирол, метилметакрилат, мочевины, фенолоспирты и другие продукты органического синтеза [12, 13, 15]. Однако большинство из предлагаемых для модификации органических соединений являются дефицитными и дорогостоящими продуктами, широко используемыми в производстве полимерных материалов.

В настоящее время проводятся поисковые исследования по расширению сырьевой базы веществ, используемых для защиты и модифицирования древесины. В работе [7] показана принципиальная возможность применения сополимеров на основе кубовых остатков ректификации стирола (КОРС) в качестве модификаторов древесины.

Интерес к использованию сополимеров КОРС для модифицирования древесины в первую очередь базируется на том, что в промышленных масштабах активно внедряются мало- и безотходные технологические процессы, предусматривающие комплексную переработку и использование отходов и побочных продуктов различных производств [8, 10]. В этой связи представляют интерес КОРС, которые образуются в технологических процессах производства стирола как дегидрированием этилбензола [16], так и

ми размерами, не превышает 1 %. Их линейные размеры находятся в пределах от 100 до 320 нм. Подавляющее количество макромолекул имеют \bar{M}_n от 400 до 16 800 (примерно 82 %), их линейные размеры составляют от 1 до 100 нм.

Таблица 1

Распределение сополимера КОРС* по фракциям, их молекулярным характеристикам и линейным размерам

Фракционные значения молекулярных масс		Содержание фракций, %	Размеры макромолекул, нм
$\bar{M}_w \cdot 10^3$	$\bar{M}_n \cdot 10^3$		
1000...1600	84,0...135,0	0,12	200...320
500...1000	42,0...84,0	0,65	100...200
200...500	17,0...42,0	2,71	40...100
100...200	8,0...17,0	8,24	20...40
50...100	4,0...8,0	18,83	10...20
30...50	2,5...4,0	13,63	6...10
10...30	0,8...2,5	29,91	2...6
5...10	0,4...0,8	8,94	1...2
2...5	0,2...0,4	5,10	0,4...1
0,3...2	< 0,2	11,87	< 0,4

* Сополимер КОРС, используемый для пропитки и расчета размера макромолекул, по данным гель-проникающей хроматографии имел следующие показатели: $M_n = 4\ 100$, $M_w = 49\ 000$, $M_v = 38\ 530$, $M_z = 216\ 000$, $M_w / M_n = 11,9$, $M_z / M_w = 4,4$.

При расчете линейной длины макромолекул, содержащихся в сополимере КОРС, за основу принят сегмент полистирола, который состоит в среднем из 8 элементарных звеньев [4] и имеет размер около 2 нм, т.е. вводили допущения, что макромолекула КОРС состоит только из сегментов стирола и все сегменты образуют прямую линию. Целесообразность введения таких допущений базируется еще на том, что точный состав каждой макромолекулы сополимера КОРС установить невозможно.

Если сопоставить линейные размеры макромолекул сополимера КОРС с размерами окаймленных пор трахеид древесины сосны (диаметр 8 ... 23 мкм, диаметр отверстий 4 ... 8 мкм), полостей клеток тангенциального (6,5 ... 16,0 мкм) и радиального (35 ... 45 мкм) направлений [9, 11], то можно сделать вывод, что все содержащиеся в КОРС макромолекулы, обладая меньшими линейными размерами, должны проникать в древесину.

Пропиточный раствор готовили путем растворения сополимера КОРС в широко используемом в производстве лакокрасочных материалов растворителе – смеси ксилола с ацетоном (соотношение 4 : 1). Массовая доля сополимера КОРС в смешанном растворителе составляла 43 %.

Защитные свойства сополимера КОРС изучали на распространенной древесной породе – сосне. Для этой цели готовили образцы размером 10 × 10 × 20 мм. Высушенные и взвешенные образцы погружали в

ванну с раствором сополимера КОРС и выдерживали в течение заданного времени. После чего их извлекали, подсушивали, подвергали термической обработке определенное время и взвешивали. Содержание сополимера в пропитанных образцах определяли гравиметрически по увеличению их массы.

В исследованиях план эксперимента построен на основе греко-латинского квадрата 4-го порядка [1]. Выходными параметрами являются водопоглощение и разбухание в радиальном и тангенциальном направлениях.

На основе анализа предварительного цикла работ было установлено, что наиболее значимое влияние на процесс модификации древесины сополимером КОРС оказывают продолжительность и температура как пропитки, так и термообработки. Поэтому для исследования выбраны следующие факторы: продолжительность пропитки (фактор *A*) – 3, 8, 13 и 18 мин; температура пропитки (фактор *B*) – 20, 40, 60 и 80 °С; продолжительность термообработки (фактор *C*) – 1, 3, 5 и 7 ч.; температура термообработки (фактор *D*) – 90, 120, 150 и 180 °С.

В табл. 2 и 3 представлены результаты определения основных показателей водостойкости древесины сосны, модифицированной раствором сополимера КОРС, в зависимости от продолжительности испытания (1 и 30 сут).

6

Таблица 2

Матрица планирования и результаты ее реализации для показателей водостойкости образцов древесины сосны, модифицированной сополимером КОРС (после испытаний в течение 1 сут)

<i>A</i>	<i>B</i>			
	20 °С	40 °С	60 °С	80 °С
3 мин	$C_1 = 1$ ч	$C_2 = 3$ ч	$C_3 = 5$ ч	$C_4 = 7$ ч
	$D_1 = 90$ °С	$D_2 = 120$ °С	$D_3 = 150$ °С	$D_4 = 180$ °С
	$Y_1' = 26,60$	$Y_2' = 31,95$	$Y_3' = 23,20$	$Y_4' = 19,20$
	$Y_1'' = 1,50$	$Y_2'' = 0,48$	$Y_3'' = 0,97$	$Y_4'' = 0,98$
	$Y_1''' = 0,40$	$Y_2''' = 0,47$	$Y_3''' = 0,50$	$Y_4''' = 0,97$
8 мин	$C_2 = 3$ ч	$C_1 = 1$ ч	$C_4 = 7$ ч	$C_3 = 5$ ч
	$D_1 = 150$ °С	$D_4 = 180$ °С	$D_1 = 90$ °С	$D_2 = 120$ °С
	$Y_5' = 27,80$	$Y_6' = 18,40$	$Y_7' = 33,75$	$Y_4' = 19,60$
	$Y_5'' = 0,51$	$Y_6'' = 0,48$	$Y_7'' = 0,49$	$Y_4'' = 0,50$
	$Y_5''' = 1,40$	$Y_6''' = 0,50$	$Y_7''' = 1,48$	$Y_4''' = 1,40$
13 мин	$C_3 = 5$ ч	$C_4 = 7$ ч	$C_1 = 1$ ч	$C_2 = 3$ ч
	$D_4 = 180$ °С	$D_3 = 150$ °С	$D_2 = 120$ °С	$D_1 = 90$ °С
	$Y_9' = 22,50$	$Y_{10}' = 12,80$	$Y_{11}' = 30,10$	$Y_{12}' = 36,35$
	$Y_9'' = 0,98$	$Y_{10}'' = 0,98$	$Y_{11}'' = 0,97$	$Y_{12}'' = 0,49$
	$Y_9''' = 1,46$	$Y_{10}''' = 1,00$	$Y_{11}''' = 1,50$	$Y_{12}''' = 0,56$
18 мин	$C_4 = 7$ ч	$C_3 = 5$ ч	$C_2 = 3$ ч	$C_1 = 1$ ч

$D_2 = 120\text{ }^\circ\text{C}$	$D_1 = 90\text{ }^\circ\text{C}$	$D_4 = 180\text{ }^\circ\text{C}$	$D_3 = 150\text{ }^\circ\text{C}$
$Y_{13}' = 10,00$	$Y_{14}' = 17,80$	$Y_{15}' = 42,40$	$Y_{16}' = 32,10$
$Y_{13}'' = 0,97$	$Y_{14}'' = 0,48$	$Y_{15}'' = 0,50$	$Y_{16}'' = 0,96$
$Y_{13}''' = 0,90$	$Y_{14}''' = 1,02$	$Y_{15}''' = 0,48$	$Y_{16}''' = 0,95$

Ниже представлены полученные на основе экспериментальных данных уравнения регрессии для водопоглощения Y' , разбухания в радиальном Y'' и тангенциальном Y''' направлениях (соответствующими нижними индексами обозначена продолжительность набухания 1 и 30 сут):

$$Y'_1 = 7,53 \cdot 10^{-5}(25,4 - 0,165a)(16,9 + 0,145b)(32,8 - 2,07c) \times \\ \times (66,6 - 0,642d + 2,27 \cdot 10^{-3}d^2);$$

$$Y'_{30} = 3,17 \cdot 10^{-6}(72,6 - 0,624a + 1,45 \cdot 10^{-2}a^2)(76,9 - 0,497b + 5,39 \cdot 10^{-3}b^2) \times \\ \times (72,2 - 0,948c)(5765 + 7,89 \cdot 10^{-2}d);$$

$$Y''_1 = 2,79(1,03 - 6,75 \cdot 10^{-2}a + 2,90 \cdot 10^{-3}a^2)(1,30 - 2,47 \cdot 10^{-2}b + 2,12 \cdot 10^{-4}b^2) \times \\ \times (1,10 - 0,272c + 3,38 \cdot 10^{-2}c^2)(0,584 + 9,33 \cdot 10^{-4}d);$$

$$Y''_{30} = 2,65 \cdot 10^{-3}(8,02 - 7,40 \cdot 10^{-2}a)(6,59 + 1,30 \cdot 10^{-2}b)(7,87 - 0,424c + \\ + 5,06 \cdot 10^{-2}c^2)(10,1 - 2,08 \cdot 10^{-2}d);$$

$$Y'''_1 = 1,65(0,728 + 1,40 \cdot 10^{-2}a)(1,19 - 1,81 \cdot 10^{-2}b + 1,87 \cdot 10^{-4}b^2) \times \\ \times (0,685 - 1,00 \cdot 10^{-3}c + 8,75 \cdot 10^{-3}c^2)(0,846 + 8,4 \cdot 10^{-5}d);$$

$$Y'''_{30} = 2,49 \cdot 10^{-2}(2,92 + 5,82 \cdot 10^{-2}a)(5,27 - 7,39 \cdot 10^{-2}b + 6,25 \cdot 10^{-4}b^2) \times \\ \times (4,63 - 0,814c + 9,87 \cdot 10^{-2}c^2)(2,67 + 5,67 \cdot 10^{-3}d).$$

Таблица 3

Матрица планирования и результаты ее реализации для показателей водостойкости образцов древесины сосны, модифицированной сополимером КОРС (после испытаний в течение 30 сут)

A	B			
	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C
3 мин	$C_1 = 1\text{ ч}$	$C_2 = 3\text{ ч}$	$C_3 = 5\text{ ч}$	$C_4 = 7\text{ ч}$
	$D_1 = 90\text{ }^\circ\text{C}$	$D_2 = 120\text{ }^\circ\text{C}$	$D_3 = 150\text{ }^\circ\text{C}$	$D_4 = 180\text{ }^\circ\text{C}$
	$Y_1' = 63,15$	$Y_2' = 72,00$	$Y_3' = 73,35$	$Y_4' = 72,55$
	$Y_1'' = 8,85$	$Y_2'' = 7,50$	$Y_3'' = 7,05$	$Y_4'' = 6,85$
	$Y_1''' = 3,50$	$Y_2''' = 2,20$	$Y_3''' = 1,70$	$Y_4''' = 2,90$
8 мин	$C_2 = 3\text{ ч}$	$C_1 = 1\text{ ч}$	$C_4 = 7\text{ ч}$	$C_3 = 5\text{ ч}$
	$D_1 = 150\text{ }^\circ\text{C}$	$D_4 = 180\text{ }^\circ\text{C}$	$D_1 = 90\text{ }^\circ\text{C}$	$D_2 = 120\text{ }^\circ\text{C}$
	$Y_5' = 78,65$	$Y_6' = 69,85$	$Y_7' = 71,25$	$Y_4' = 64,10$
	$Y_5'' = 6,53$	$Y_6'' = 7,09$	$Y_7'' = 8,20$	$Y_4'' = 9,60$
	$Y_5''' = 4,25$	$Y_6''' = 6,45$	$Y_7''' = 3,20$	$Y_4''' = 5,40$
13 мин	$C_3 = 5\text{ ч}$	$C_4 = 7\text{ ч}$	$C_1 = 1\text{ ч}$	$C_2 = 3\text{ ч}$
	$D_4 = 180\text{ }^\circ\text{C}$	$D_3 = 150\text{ }^\circ\text{C}$	$D_2 = 120\text{ }^\circ\text{C}$	$D_1 = 90\text{ }^\circ\text{C}$
	$Y_9' = 75,10$	$Y_{10}' = 50,00$	$Y_{11}' = 69,90$	$Y_{12}' = 66,90$
	$Y_9'' = 5,15$	$Y_{10}'' = 8,30$	$Y_{11}'' = 8,25$	$Y_{12}'' = 7,70$
	$Y_9''' = 2,95$	$Y_{10}''' = 3,95$	$Y_{11}''' = 2,70$	$Y_{12}''' = 2,40$
18 мин	$C_4 = 7\text{ ч}$	$C_3 = 5\text{ ч}$	$C_2 = 3\text{ ч}$	$C_1 = 1\text{ ч}$
	$D_2 = 120\text{ }^\circ\text{C}$	$D_1 = 90\text{ }^\circ\text{C}$	$D_4 = 180\text{ }^\circ\text{C}$	$D_3 = 150\text{ }^\circ\text{C}$

$Y_{13}' = 66,55$	$Y_{14}' = 55,70$	$Y_{15}' = 69,20$	$Y_{16}' = 77,70$
$Y_{13}'' = 6,20$	$Y_{14}'' = 7,50$	$Y_{15}'' = 6,05$	$Y_{16}'' = 6,25$
$Y_{13}''' = 5,40$	$Y_{14}''' = 3,35$	$Y_{15}''' = 3,65$	$Y_{16}''' = 3,95$

Таблица 4

Оптимальные значения уровней входных параметров

Функция	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Y_1'	4	1	4	2
Y_{30}'	3	2	4	1
Y_1''	2	2	2	1
Y_{30}''	4	1	2	4
Y_1'''	1	2	1	1
Y_{30}'''	1	2	2	1

Во всех уравнениях входные параметры *A*, *B*, *C* и *D* приведены в кодированном выражении *a*, *b*, *c* и *d* (первое численное значение каждого из входных параметров соответствует 1-му уровню, второе – 2-му и т.д.).

В табл. 4 сведены оптимальные численные значения уровней входных параметров для каждой из функций *Y*.

Экспериментальные результаты модификации образцов древесины сосны при выбранных оптимальных условиях в сопоставлении с

6*

Таблица 5

Показатели водостойкости (%) образцов сосны, обработанных раствором КОРС в оптимальных условиях

Показатели	Значения показателей			
	рассчитанных по уравнениям		полученных экспериментально в оптимальных условиях	
	1 сут	30 сут	1 сут	30 сут
Водопоглощение	13,6	58,9	13,8	56,2
Разбухание в направлении:				
радиальном	0,49	5,40	0,30	6,20
тангенциальном	0,64	2,32	0,34	2,09

рассчитанными по уравнениям регрессии данными (табл. 5) свидетельствуют о вполне удовлетворительной их сходимости.

Массовая доля сополимера КОРС в образцах древесины сосны в зависимости от условий модификации изменялась от 1,2 до 20,4 %, а при оптимальных условиях составляла 19,6 ... 20,4 %.

Аналогичные исследования немодифицированной древесины сосны показали, что водопоглощение через 1 сут составляет 105 ... 112 %, а через 30 сут – 130 ... 165 %. Это согласуется с имеющимися литературными данными [2, 11].

Сополимер, полученный на основе кубовых остатков от производства стирола и оксида пропилена, является эффективным модификатором древесины для повышения ее водостойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ахназарова С.Л., Кафаров В.В.* Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Высш. шк., 1985. – 328 с.
2. *Богомолов Б.Д.* Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 400 с.
3. *Горшин С.Н.* Консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 336 с.
4. *Догодкин Б.А., Донцов А.А., Шершнев В.А.* Химия эластомеров. – М.: Химия, 1981. – 376 с.
5. *Калниньш А.Я.* Консервирование и защита лесоматериалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 423 с.
6. *Лебедев Н.В.* Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1988. – 588 с.
7. Оптимизация процессов пропитки древесины отходами нефтехимии и целлюлозного производства: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. «Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса» / А.И. Дмитриенков, С.С. Никулин, И.А. Сахокия, О.А. Хохлова. – Екатеринбург, 1999. – С. 181.
8. Отходы и побочные продукты нефтехимических производств – сырье для органического синтеза / С.С. Никулин, В.С. Шеин, С.С., Злотский и др.; Под. ред. М.И. Черкашина. – М.: Химия, 1989. – 240 с.
9. *Перелыгин Л.М.* Строение древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1954. – 200 с.
10. Перспективы использования кубовых остатков производства винилароматических мономеров / С.С. Никулин, Т.Р. Бутенко, А.А. Рыльков и др. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1996. – 64 с.
11. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 386 с.
12. *Хрулев В.М., Машкин Н.А., Дорофеев Н.С.* Модифицированная древесина и ее применение. – Кемерово: НИСИ, 1988. – 120 с.
13. *Хрулев В.М.* Производство конструкций из дерева и пластмасс. – М.: ВШ, 1982. – 231 с.
14. *Хунт М., Геррат А.* Консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1961. – 454 с.
15. *Шамаев В.А.* Модификация древесины. – М.: Экология, 1991. – 128 с.
16. *Юкельсон И.И.* Технология основного органического синтеза. – Л.: Химия, 1968. – 650 с.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Воронежская государственная
технологическая академия

ОАО «Воронежсинтезкаучук»

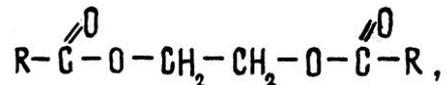
Поступила 13.03.01

*S.S. Nikulin, I.A. Sakhokija, A.I. Dmitrenkov, O.N. Filimonova,
V.S. Boldyrev, O.A. Khokhlova*

**Copolymers Based on Distillation Residual of Styrene
Rectification – Modifiers of Wood**

The possibility of producing composite wood-polymeric material with the improved properties is shown by introducing low-molecular copolymer KORS into wood and by the subsequent heat treatment.

по реакции этерификации с этиленгликолем – сложный эфир (Э)



где R – радикал октадекадиеновой кислоты.

Образцы ДВП пропитывали расплавами Д и Э при температуре 125 °С, из них отбирали по 6 шт. с отклонением по поглощенной добавке не более 5 %. Термообработку всех образцов проводили при температуре 155 и 175 °С в течение 4 ч с отбором проб на исследование через каждые 0,5 ч. Измельченные образцы исчерпывающе экстрагировали диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета [5]. Предел прочности при статическом изгибе $\sigma_{изг}$ определяли согласно ГОСТ 19592–80.

Для определения кинетических параметров фиксировали изменение содержания веществ, вступивших в реакцию. Необходимо учесть, что ДВП, будучи изготовленными из древесины, содержат вещества, подобные тем, которые мы вводим, а именно ВЖК в свободном виде и в виде глицеридов [11]. В самих плитах в процессе термообработки могут образовываться вещества, экстрагируемые диэтиловым эфиром. Кроме того, ДВП и вводимые в них добавки могут терять вещества в виде летучих. В конечном счете, изменение содержания веществ, вступивших в реакцию, определяли по формуле

$$C = \frac{Q_{доб} (100 - I) - G_{ДВП} K M_e - G_e P}{Q_{доб} (100 - I)},$$

где $Q_{доб}$ – масса поглощенной добавки, г;

I – выход летучих веществ добавки, %;

$G_{ДВП}$ – масса ДВП-основы, г;

K – массовая доля потерь образцом ДВП летучих веществ;

M_e – массовая доля эфирорастворимых веществ ДВП-основы;

$P = 100 - m$;

m – количество эфирорастворимых веществ добавки, %;

G_e – количество эфирорастворимых веществ ДВП-основы, г.

Величину аддитивности летучих веществ, образующихся при термообработке, проверяли по формуле

$$A = [(G_{ДВП} K + M_{доб} I) / M] 100,$$

где $G_{ДВП}$ – масса образца ДВП перед пропиткой, г;

$M_{доб}$ – масса поглощенной данным образцом добавки, г;

M – масса образца ДВП после пропитки, г.

В процессе термической обработки компоненты древесного вещества и введенные в ДВП добавки испытывают определенные изменения. Так, масса Д в зависимости от температуры теряет в виде летучих от 4,1 % при температуре 155 °С в первые 0,5 ч до 25,0 % при 175 °С за 4,0 ч, а Э – соот-

ветственно от 2,8 до 21,2 % (рис. 1). Количество летучих, выделяющихся из пропитанных ДВП (как для Д, так и для Э), существенно меньше, чем у ДВП-основы и чем должно было бы выделяться из пропитанных ДВП в случае аддитивности.

Данный факт свидетельствует о взаимодействии вводимых добавок с компонентами древесного волокна, появлении более термостабильных, чем каждый компонент в отдельности, соединений. При этом «защитные» свойства Д и Э практически одинаковы. В процессе термообработки каждая вводимая добавка и вещества ДВП-основы, растворимые в диэтиловом эфире, теряют эту способность (табл. 1).

В большей степени это выражено у чистого Э, что объясняется способностью данного соединения образовывать пространственные структуры за счет ненасыщенности радикалов кислот. Причем октадеценивая кислота, как октадекадиеновая и октадекатриеновая кислоты, способна к подобным превращениям [3].

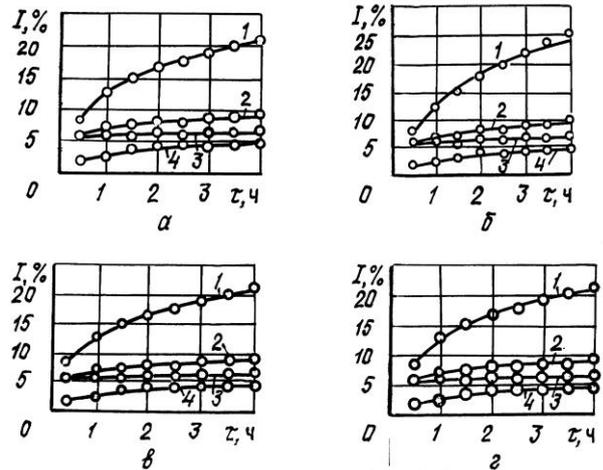


Рис. 1. Влияние продолжительности τ и температуры термообработки на выход летучих веществ I : а, б – 175 °С; в, г – 155 °С; 1 – чистая добавка; 2 – количество летучих при аддитивности; 3 – пропитанная ДВП; 4 – ДВП-основа

Таблица 1

Влияние температуры и продолжительности термообработки на количество веществ, растворимых в диэтиловом эфире

Продолжительность, ч	Растворимость в диэтиловом эфире, %					
	Э		Д		ДВП-основа	
	155 °С	175 °С	155 °С	175 °С	155 °С	175 °С
0,5	99,5	99,5	99,5	99,4	0,89	0,78
1,0	98,9	97,9	99,5	99,4	0,89	0,59
1,5	96,5	94,5	99,5	99,3	0,87	0,59
2,0	92,5	91,6	98,9	96,7	0,83	0,50
2,5	89,5	88,3	98,5	94,2	0,63	0,49
3,0	82,9	79,5	97,7	88,4	0,63	0,43
3,5	78,5	72,3	96,8	70,7	0,57	0,34
4,0	77,7	70,6	95,7	65,3	0,43	0,34

Таблица 2
Кинетические показатели конверсии эфирорастворимых веществ ДВП-основы и карбоксильных групп октадекадиеновой кислоты

Вещество	Константа скорости реакции		Энергия активации, кДж/моль
	155 °С	175 °С	
ЭВ	$7,8120 \cdot 10^{-5}$	$1,4683 \cdot 10^{-4}$	50,4
ОФ	$6,9859 \cdot 10^{-6}$	$1,9837 \cdot 10^{-6}$	100,5

Изменение количества эфирорастворимых веществ (ЭВ), основную часть которых составляют ВЖК [2], извлекаемые из ДВП-основы, идет по второму порядку, что характерно для реакций этерификации. Этот факт подтверждает заключение об участии ВЖК в межволоконном взаимодействии с лигнином [8]. В исследуемых условиях реакция протекает с энергией активации 50,4 кДж/моль (табл. 2).

Для сравнения было проведено исследование в вышеприведенных условиях реакции взаимодействия октадеценной кислоты с фенилпропанолом-1 (ОФ), являющимся моделью первичной гидроксильной группы фенилпропанового звена лигнина. Расчет кинетики данной реакции по октадеценной кислоте проведен по методике [10], результаты представлены на рис. 2 и в табл. 2.

Установлено, что реакция, протекающая в гомогенной среде по второму порядку, имеет энергию активации 100,5 кДж/моль.

Уменьшение величины энергии активации реакции ЭВ с лигнином ДВП-основы по сравнению с ОФ, вероятно, связано с кислотностью среды (рН 4,5) и с тем, что операции термообработки предшествовала стадия горячего прессования при температуре 200 °С.

Вышеприведенные данные позволили рассчитать изменение количества вступивших в реакцию с лигнином введенных добавок в зависимости от продолжительности термообработки (рис. 3, а): у Э при 175 °С за 4 ч оно достигает 65,5, у Д – 52,7 %.

В обоих случаях зависимость изменения количества вступивших в реакцию с лигнином веществ имеет s-образный характер, аналогично изменяется и прочность ДВП (рис. 3, б). Увеличение прочности образцов ДВП зависит от количества прореагировавшей добавки.

Расчет показал, что порядок реакции взаимодействия вводимых добавок и лигнина приблизительно равен 0,5.

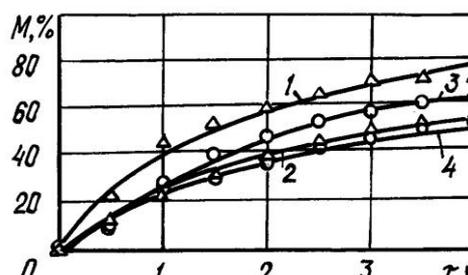


Рис. 2. Влияние продолжительности реакции на конверсию (M) COOH-групп (1, 2) и ЭВ (3, 4) при температуре 175 (1, 3) и 155 °С (2, 4)

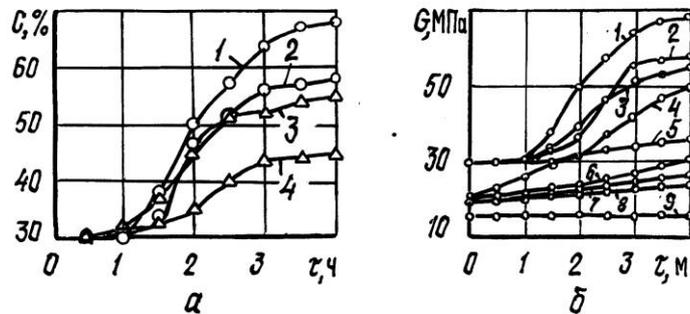


Рис. 3. Влияние продолжительности термообработки τ на выход эфирорастворимых веществ C (а) и прочность древесноволокнистых плит G (б) при различной температуре: 1, 3, 5, 7, 9 – 175 °С; 2, 4, 6, 8 – 155 °С; 1, 2 – ДВП + Э; 3, 4 – ДВП + Д; 5, 6 – ДВП-основа; 7, 8 – ДВП без эфирорастворимых; 9 – ДВП из белой сульфатной целлюлозы березы

Для подтверждения того, что эти реакции носят топахимический характер, был построен график зависимости $\lg [-\lg (1 - C)] = f\tau$ (рис. 4). Изображенные на нем прямолинейные зависимости свидетельствуют в пользу данного предположения [1].

Для определения энергии активации использовали изменение скорости реакции ($\Delta C_i / \Delta \tau_i$) взаимодействия вводимых добавок и лигнина, а также соотношение времен достижения максимальной скорости реакции при принятых температурах термообработки (τ_{155} / τ_{175}). Значения этих величин находили по рис. 5.

Энергию активации определяли по следующим формулам [6]:

$$E(1/T_1 - 1/T_2) \lg e/R = \lg [(\tau_{155} / \tau_{175})]$$

или

$$E(1/T_1 - 1/T_2) \lg e/R = \lg [(\Delta C_2 / \Delta \tau_2) / (\Delta C_1 / \Delta \tau_1)]$$

Рассчитанные и представленные в табл. 3 значения энергии активации говорят о том, что с кинетической точки зрения применение Э и Д равнозначно.

Если учесть время достижения максимальной скорости набора прочности, то модификацию высшими жирными кислотами таллового масла предпочтительней проводить в направлении получения эфиров.

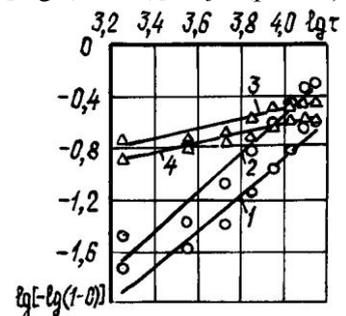


Рис. 4. Логарифмическая зависимость количества образовавшегося продукта от τ (обозначение кривых см. на рис. 3)

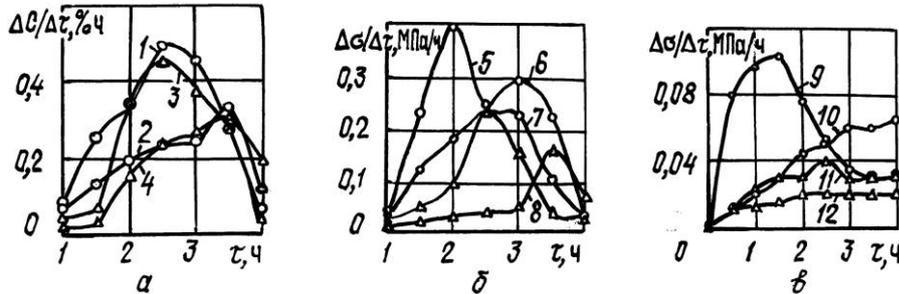


Рис. 5. Влияние продолжительности термообработки на изменение скорости взаимодействия вводимых добавок (а) и скорость изменения прочности ДВП (б, в) при различной температуре: 1, 3, 5, 7, 9, 11 – 175 °С; 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 155 °С; 1, 2 – Э; 3, 4 – Д; 5, 6 – ДВП + Э; 7, 8 – ДВП + Д; 9, 10 – ДВП-основа; 11, 12 – экстрагированная ДВП-основа

Таблица 3

Зависимость энергии активации реакции взаимодействия от водимой добавки

Вариант расчета	Энергия активации, кДж/моль, при введении добавки			
	Э	ДВП + Э	Д	ДВП + Д
$\Delta C / \Delta \tau$	25,9	–	18,9	–
$\Delta \sigma / \Delta \tau$	–	25,0	–	34,2
τ_2 / τ_1	26,9	32,5	14,6	26,9

Кроме того, для определения кинетических параметров процесса термообработки ДВП можно использовать изменение скорости процесса накопления прочности или время достижения максимальной скорости увеличения прочности.

При этом, прочность ДВП-основы и ДВП, изготовленной из древесной массы, предварительно проэкстрагированной серным эфиром, изменяется по-разному (рис. 3, б и рис. 5, б, в): прочность ДВП-основы – по второму порядку с энергией активации 49,3 кДж/моль, прочность ДВП из экстрагированного волокна – по первому порядку с энергией активации 18,0 кДж/моль.

Таким образом, количество содержащихся ВЖК в ДВП определяет характер реакций, способствующих увеличению прочности плит. При избытке ВЖК реакции носят топохимический характер с дробным порядком 0,5 и энергией активации от 18,0 до 34,0 кДж/моль (в зависимости от введенной добавки). При эквимолекулярном соотношении с низкомолекулярной фракцией лигнина реакции идут по второму порядку с энергией активации 50,0 кДж/моль. При отсутствии ВЖК в реакции участвует лигнин, и она идет по первому порядку с энергией активации 18,0 кДж/моль.

Следовательно, для расчета кинетических параметров образования древесноволокнистых плит в процессе термообработки можно использовать

соотношение максимальных скоростей увеличения прочности или соотношение времени достижения ее максимальной величины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Еремин Е.Н.* Основы химической кинетики. – М.: Высш. шк., 1976. – 541 с.
2. *Зандерманн В.* Природные смолы, скипидары, талловое масло (химия и технология). – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 576 с.
3. Исследование кинетики термической полимеризации жирных кислот таллового масла / А.А. Багаев, Ю.А. Мальков, А.И. Киприанов, Г.И. Царев // ЖПХ. – 1984. – № 1. – С. 155–158.
4. *Киприанов А.И., Царев Г.И., Багаев А.А.* Превращения жирных кислот таллового масла в процессе их димеризации // Лесн. журн. – 1979. – № 3. – С. 78–85. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Практические работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, В.П. Щеголев, Г.Л. Аким и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 411 с.
6. Расчеты химико-технологических процессов / Под ред. И.П. Мухленова. – Л.: Химия, 1982. – 248 с.
7. *Солечник Н.Я., Шишкина А.П., Царев Г.И.* Влияние экстрактивных веществ на свойства плит сухого формования // Лесн. журн. – 1968. – № 5. – С. 68–76. – (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Царев Г.И., Леонович А.А.* Закономерности образования ДВП с использованием талловых продуктов // Изв. СПб ЛТА. – 1995. – Вып.3 (161). – С. 169–180.
9. *Шишкина А.П., Царев Г.И.* О взаимодействии высших жирных кислот с древесным волокном при нагревании // Лесн. журн. – 1974. – № 4. – С. 21–29. – (Изв. высш. учеб. заведений).
10. *Шмид Р., Сапунов В.Н.* Неформальная кинетика в поисках путей химических реакций. – М.: Мир, 1985. – 263 с.
11. Экстрактивные вещества древесины и значение их в целлюлозно-бумажном производстве // Под ред. В.Э. Хиллиса. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 505 с.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 13.03.01

G.I. Tsarev

Kinetic Regularities of Fiberboard Interaction with Introduced Additives at Heat Treatment Stage

Kinetic regularities are used for fiberboard formation with participation of esters of higher fatty acids of tall oil and dimeric derivatives of these acids at thermal treatment stage.

УДК [668.486:66.061.51]:51.001.57

С.И. Третьяков

Третьяков Сергей Иванович родился в 1946 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры лесохимических производств Архангельского государственного технического университета. Имеет около 70 печатных трудов в области химической переработки древесины.



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАССООБМЕНА В ПРОЦЕССЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СКИПИДАРА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Рассмотрены основные стадии массообменного процесса выделения скипидара из древесины; предложено обобщенное уравнение, описывающее кинетику данного процесса.

массообмен, математическая модель, диффузия, массоотдача, скипидар, смолистые вещества, древесина, щепа.

Важной задачей целлюлозно-бумажной отрасли является решение проблемы извлечения скипидара при непрерывной варке целлюлозы. Выход скипидара в условиях работы пропарочных камер на установках Камюр не превышает 10 ... 15 %, он практически полностью попадает в промышленные выбросы. Необходимость разработки путей интенсификации этого сложного гетерогенного процесса потребовала проведения не только экспериментальных, но и теоретических исследований.

Выделение скипидара из древесины в процессе обработки водяным паром при сульфатной варке является массообменным процессом, протекающим в системе терпены – смоляные кислоты и осложненным капиллярно-пористой структурой материала.

Вопросами математического описания скорости диффузионного извлечения целевых компонентов из твердых пористых тел занимались многие авторы. Они в основном использовали методы аналогии переноса теплоты и массы и решали полученное таким образом уравнение диффузии с соответствующими граничными и начальными условиями. Анализ возможных вариантов решения изложен в монографии [6]. Подробный анализ процессов, идущих в капиллярно-пористых телах, проведен Альтшулером [1].

Кинетику переноса вещества из твердого тела в жидкую или газовую фазу можно описать обобщенной зависимостью

$$(C_n - C) / (C_n - C_0) = f(Fo', Bi', \Gamma),$$

где C_n, C, C_0 – концентрация распределяемого вещества начальная и текущая в твердом теле и во внешней фазе;

$Bi = \beta l/D$ и $Fo = D\tau/l^2$ – критерии Био и Фурье;

β – коэффициент массоотдачи в паровой фазе;

l – определяющий линейный размер;

D – коэффициент диффузии в твердом теле;

Γ – симплекс геометрического подобия, характеризующий форму и размеры частиц.

Данная зависимость может быть представлена в виде

$$\frac{C_i - \bar{C}}{C_i - C_o} = \frac{1}{1+e} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4(v+1) \exp\left(-\mu_n^2 Fo'\right)}{\left(1 + \frac{2}{Bi'}\right) \mu_n^2 - 2(v+1) \left[\frac{\mu_n^2}{Bi'} - 2(v+1)e\right] + \left[\frac{\mu_n^2}{Bi'} - 2(v+1)e\right]^2}.$$

Здесь e – отношение объемов твердой и паровой фаз, в проточном аппарате можно принять $e = 0$;

$v = 1/2 (\Gamma - 1)$, для пластины $v = -1/2$, для цилиндра $v = 0$, для сферы $v = 1/2$;

n – числа натурального ряда;

μ_n – корни характеристического уравнения.

Определяющим размером l в критериях Bi и Fo' для пластины является половина ее толщины, для цилиндра и сферы – радиус R .

При $Bi' \rightarrow \infty$ (процесс лимитируется внутренней диффузией) уравнение для проточного аппарата приобретает следующий вид:

$$\frac{C_i - C}{C_i} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4(v+1) \exp\left(-\mu_n^2 Fo'\right)}{\mu_n^2 - 2(v+1)}.$$

Количественная оценка кинетики процесса извлечения скипидара из древесины затруднена по ряду причин: 1) древесина – твердое тело, анизотропное в диффузионном отношении; процесс диффузии через торцовую поверхность осуществляется значительно эффективнее, чем через боковую, следовательно, при определении поверхности массообмена необходимо оценивать соотношение между боковой и торцовой поверхностями; 2) скипидар является смесью индивидуальных веществ (в основном терпенов), имеющих различную летучесть; 3) нелетучие смолистые вещества, растворенные в скипидаре, понижают его летучесть, причем летучесть скипидара снижается с увеличением степени его извлечения из древесины; 4) при существующей технологии производства целлюлозы сульфатным способом щепка более чем на 80 % состоит из фракций размером 20 ... 30 мм; очевидно, что не все капилляры при их средней длине открыты; в этих условиях процесс массопереноса определяется молекулярной диффузией как вдоль капилляров древесины, так и через стенки клеток.

Наряду с указанными факторами на отдувку скипидара влияют температура и продолжительность процесса, гидродинамические условия в

проточном аппарате и движущая сила, характеризующаяся разностью парциального давления скипидара внутри щепы и на ее поверхности.

Процесс массообмена определяется условиями, которые складываются из внешней легкорегулируемой стадии; внутренней стадии, обусловленной капиллярной структурой древесины и равновесием пар – жидкость в системе терпены – смоляные кислоты; переходной стадии на границе раздела твердое капиллярно-пористое тело – пар.

Масса распределяемого вещества (скипидара) G , переходящего из твердой фазы в паровой поток, определяется по уравнению массопередачи

$$dG = \beta_0 F (C_T - C_r) d\tau, \quad (1)$$

где β_0 – коэффициент массопередачи, м/с;

F – площадь поверхности массопередачи, м²;

$C_T - C_r$ – концентрация скипидара в твердой и газовой фазах, кг/м³;

τ – продолжительность процесса, с.

Общее сопротивление массообмену складывается из сопротивления внешней и внутренней диффузии:

$$\frac{1}{\beta_0} = \frac{1}{\beta_a} + \frac{1}{\beta_o}, \quad (2)$$

где β_r и β_t – коэффициенты массоотдачи в газовой и твердой фазах, м/с.

В начальный период процесса, когда скипидар извлекается с поверхности и из ближайших открытых пор, лимитирующей стадией является внешняя массоотдача, характеризующаяся уравнением

$$dG = \beta_r F (C_{rp} - C_r) dt. \quad (3)$$

Здесь C_{rp} – концентрация скипидара на границе древесина – водяной пар, кг/м³.

Учитывая высокую скорость процесса испарения, в начальный период отдувки можно принять C_{rp} равной равновесной концентрации C^* , определяемой парциальным давлением паров скипидара. Тогда коэффициент массоотдачи в паровой фазе

$$\beta_r = \frac{\frac{dG}{d\tau}}{F(C^* - C_a)}. \quad (4)$$

Скорость массообмена при достаточно турбулированном паровом потоке, а также по мере отработки твердого тела лимитируется диффузией паров скипидара в капиллярах древесины и определяется ее внутренней диффузией (массопроводностью).

Процесс массопроводности применительно к одномерному диффузионному потоку можно описать уравнением, аналогичным первому закону Фика:

$$dG = -D_r F \frac{dC}{dx} d\tau, \quad (5)$$

где D_{τ} – коэффициент массопроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;
 F – площадь поверхности щепы, м^2 .

Для капиллярно-пористых тел уравнение (5) запишется в виде

$$dG = -D_{\tau} n f F \frac{dC}{dx} d\tau, \quad (6)$$

где n – число капилляров на 1 м^2 поверхности щепы, $1/\text{м}^2$;
 f – средняя площадь одного капилляра, м^2 .

Диффузионный путь может быть выражен как $x = \alpha l$ (где α – коэффициент искривления капилляра; l – максимальный путь диффузии (по прямой линии), м).

Введем параметр $D_{\tau, \text{пр}} = \frac{D_{\delta} n f}{\alpha}$ и назовем его приведенным коэффициентом капиллярной массопроводности. Точный расчет $D_{\tau, \text{пр}}$ затруднен

сложным в экспериментальном отношении определением градиента концентрации, поскольку по мере извлечения изменяется не только массовая доля скипидара в древесине, но и соотношение терпены – смоляные кислоты, что естественно приводит к изменению давления паров над раствором.

Экспериментальное определение градиента концентрации усложняется также анизотропной структурой древесины. В связи с этим сделано допущение о послойной отработке пористого тела в процессе извлечения распределяемого вещества [7]. Внутренний диффузионный массоперенос характеризуется коэффициентом массоотдачи в твердой фазе β_{τ} , который определяется из выражения

$$\beta_{\tau} = \frac{D_{\delta, \text{ид}}}{x}.$$

В режиме послойной отработки внутри твердого тела равновесная концентрация C^* в парах не зависит от степени извлечения и в течение процесса остается постоянной величиной. При указанных допущениях уравнение массообмена в твердой фазе запишем в следующем виде:

$$dG = \beta_{\tau} F (C^* - C_{\text{тр}}) d\tau. \quad (7)$$

Тогда

$$\beta_{\tau} = \frac{\frac{dG}{d\tau}}{F(C^* - C_{\text{ад}})}. \quad (8)$$

Величину C^* можно определить через парциальные давления паров скипидара $P_{\text{ск}}$ и паров воды $P_{\text{в}}$:

$$C^* = \rho_{\text{в}} \frac{\dot{I}_{\text{нв}} D_{\text{нв}}}{\dot{I}_{\text{а}} (\dot{I} - D_{\text{нв}})}, \quad (9)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность водяного пара при условиях процесса, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$M_{\text{ск}}$ и $M_{\text{в}}$ – молекулярные массы скипидара и воды, $\text{кг}/\text{кмоль}$;

P – общее давление в системе, Па;

$P_{\text{ск}}$ – давление насыщенного пара скипидара над открытой поверх-

ностью раствора смолистых веществ в скипидаре при тех же температуре и концентрации, Па.

Концентрация скипидара в паровом потоке при достаточной турбулентности быстро убывает по мере его извлечения, поэтому $C_{\text{тр}}$ можно приравнять к нулю. Исходя из этого получим следующее выражение для $\beta_{\text{т}}$:

$$\beta_{\text{т}} = \frac{\frac{dG}{d\tau}}{F \frac{\dot{I}_{\text{н\acute{e}}} D_{\text{н\acute{e}}}}{\dot{I}_{\text{а}} (\dot{I} - D_{\text{н\acute{e}}})}}. \quad (10)$$

Измерить изменение массы целевого продукта в материале $dG/d\tau$ не представляется возможным, поэтому заменим его отношением $vG_{\text{н}}/\tau$ (где v – степень извлечения скипидара за время τ , $G_{\text{н}}$ – масса скипидара в исходной щепе, кг). Тогда величина $\beta_{\text{т}}$ будет характеризовать среднюю величину коэффициента массоотдачи в твердой фазе за весь период с начала процесса отгонки:

$$\beta_{\text{т}} = \frac{\hat{a}G_{\text{н}}}{\tau F \rho_{\text{а}} \frac{\dot{I}_{\text{н\acute{e}}} D_{\text{н\acute{e}}}}{\dot{I}_{\text{а}} (\dot{I} - D_{\text{н\acute{e}}})}}. \quad (11)$$

Для учета трехмерности процесса массопроводности находим эквивалентный размер. При этом реальные трехмерные тела приводим к эквивалентному одномерному. В качестве такого размера для тел в форме параллелепипеда обычно употребляют либо приведенный размер $R_{\text{пр}}$, либо гидравлический радиус $R_{\text{г}}$:

$$R_{\text{пр}} = \frac{R_1 R_2 R_3}{\sqrt{R_2^2 R_1^2 + R_2^2 R_3^2 + R_3^2 R_1^2}}; \quad (12)$$

$$R_{\text{г}} = \frac{2R_1 R_2 R_3}{R_2 R_1 + R_3 R_2 + R_3 R_1}, \quad (13)$$

где R_1, R_2, R_3 – полудлины ребер параллелепипеда.

Полной ясности и однозначности в рекомендациях по выбору способа определения эквивалентного размера в литературе нет. Однако в соответствии с выводами теории теплопроводности [5] величина $R_{\text{пр}}$ должна характеризовать влияние других направлений при больших значениях критерия Био, а величина $R_{\text{г}}$ – при $Bi \rightarrow 0$. Процесс извлечения скипидара из древесины даже при малой скорости парового потока проходит в области внутреннего диффузионного массообмена, т. е. при $Bi \rightarrow \infty$.

Анизотропность древесины требует учета неравномерности направлений, по которым идет извлечение. Основным геометрическим параметром щепы, используемой в целлюлозном производстве, является ее размер по длине волокна. Поэтому для расчета условно принимаем площадь поверхности щепы со свойствами, которые имеет древесина как изотропное тело в продольном направлении. Сопротивление массопереносу к боковым по-

верхностям заменяем равноценным увеличением пути диффузии распределяемого вещества.

Литературные данные об эффективности извлечения скипидара через торцовую и боковые поверхности щепы отсутствуют. Учитывая, что процесс переноса скипидара и смолистых веществ происходит в одних структурных элементах, можно принять сопротивление переносу скипидара через торец в 8 раз меньшим, чем через боковые поверхности, по аналогии с процессом экстракции смолистых веществ из древесины [2].

Приведенный размер щепы определяем из выражения [3]

$$\frac{1}{R^2} = \frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{(8R_2)^2} + \frac{1}{(8R_3)^2}, \quad (14)$$

где R_1 – полудлина ребра щепы вдоль волокон, м;

R_2, R_3 – полудлины ребер щепы поперек волокон, м.

После преобразования формы щепы в изотропные шаровые частицы находим приведенную поверхность единицы массы абс. сухой обессмоленной древесины [4]:

$$f = \frac{nS}{nV\rho_\delta} = \frac{n4\pi R^2}{n\frac{4}{3}\pi R^3\rho_\delta} = \frac{3}{R\rho_\delta},$$

где S – площадь поверхности частицы (щепы), м²;

V – объем этой частицы, м³;

ρ_τ – плотность частицы.

Площадь поверхности щепы определяем по уравнению $F = f G_\tau$ (где G_τ – масса абс. сухой обессмоленной щепы, загружаемой в аппарат). При расчете приведенной площади поверхности следует учитывать, что в процессе массопереноса участвует лишь часть площади поверхности щепы, пропорциональная массовой доле смолистых веществ $a_{см}$ (кг / кг абс. сухой обессмоленной древесины). Если принять для абс. сухой обессмоленной древесины $\rho_\tau = 500$ кг/м³, выражение для определения площади поверхности щепы будет иметь вид

$$F = \frac{3G_\delta a_{\text{см}}}{R \cdot 500} = \frac{6 \cdot 10^{-3} G_\delta a_{\text{см}}}{R}. \quad (15)$$

Расчет коэффициента массоотдачи в твердой фазе можно производить по уравнению (11), преобразованному с учетом уравнений (14) и (15):

$$\beta_\tau = \frac{\hat{a}G_\tau R M_{\hat{a}} (\dot{I} - \mathcal{D}_{\hat{n}\hat{e}})}{6 \cdot 10^{-3} G_\delta \tau \rho_{\hat{a}} \dot{I}_{\hat{n}\hat{e}} \mathcal{D}_{\hat{n}\hat{e}} \hat{a}_{\hat{n}\hat{i}}}. \quad (16)$$

Коэффициент массоотдачи в твердой фазе зависит от величины пути диффузии R , времени τ и физических свойств водяного пара и диффундирующего вещества (D – коэффициент молекулярной диффузии скипидара в

водяном паре, μ – коэффициент динамической вязкости паров, ρ – плотность паров):

$$\beta_{\tau} = f(D, R, \tau, \mu, \rho). \quad (17)$$

Методом анализа размерностей зависимость (17) можно привести к критериальному уравнению

$$\frac{D}{\beta_{\tau} R} = A \left(\frac{D\tau}{R} \right)^m \left(\frac{d\rho}{\mu} \right)^n, \quad (18)$$

или

$$Nu' = A(Fo')^m (Pr')^n, \quad (19)$$

где A , m , n – коэффициенты, определяемые опытным путем;

Nu' – приведенный диффузионный критерий Нуссельта, показывающий отношение плотности потока массы в условиях чистой диффузии к плотности действительного потока массы в капиллярах пористого тела, определяемого через коэффициент массопереноса;

Fo' , Pr' – диффузионные критерии Фурье и Прандтля.

Значение критерия Прандтля для газов и паров изменяется незначительно, поэтому уравнение (19) может быть упрощено:

$$Nu' = A(Fo')^m. \quad (20)$$

Полученная обобщенная зависимость позволяет рассчитывать выход скипидара при заданной продолжительности и параметрах процесса отгонки (температура и давление) или определять продолжительность при требуемой степени его извлечения.

Вывод

Кинетику процесса массобмена при извлечении терпенов из древесины можно описать уравнением $Nu' = A(Fo')^m$, причем диффузионный критерий Нуссельта принят в качестве критерия подобия массопереноса внутри капиллярно-пористого тела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Альтицулер М.А.* О влиянии химических реакций на кинетику капиллярной пропитки // Коллоидный журнал. – 1977. – Т. 39, № 6. – С. 1142–1144.
2. *Андреанов Н.А.* Диффузия в капиллярах древесины (на примере извлечения смолистых веществ): Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1968. – 20 с.
3. *Лисов В.И.* К вопросу теории извлечения смолистых веществ из осмола // Сб. тр. ЦНИЛХИ. – М.: Лесн. пром-сть, 1963. – Вып. 15. – С. 43–48.
4. *Лисов В.И.* Некоторые вопросы теории и практики экстракции смолистых веществ из пневого осмола: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Рига, 1967. – 14 с.
5. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. – 599 с.
6. *Лыков А.В.* Явления переноса в капиллярно-пористых телах. – М.: Гостехиздат, 1965. – 265 с.

7. Романков П.Г., Лепилин В.Н. Непрерывная адсорбция паров и газов.– Л.: Химия, 1968. – 228 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 28.12.01

S.I. Tretyakov

**Mathematical Model of Mass Exchange in Process
of Turpentine Extraction from Wood**

The main stages of mass-exchange process of turpentine extraction from wood have been analyzed. The generalized equation describing kinetics of the given process is suggested.

УДК 531.3:547.596

*С.И. Третьяков***ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ МАССОПЕРЕНОСА
ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ СКИПИДАРА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ**

Определены лимитирующие стадии процесса массообмена и установлено влияние основных факторов на кинетику извлечения скипидара из древесины; предложен способ увеличения выхода скипидара при непрерывной варке целлюлозы.

массообмен, диффузия, массоотдача, гидродинамический режим, скипидар, смолистые вещества, древесина, щепы, критериальное уравнение, извлечение.

Целью наших экспериментов являлось определение лимитирующих стадий процесса массообмена и исследование влияния его основных факторов (вид и степень измельчения щепы, температура, содержание смолистых веществ и скипидара) на кинетику извлечения скипидара из древесины.

В качестве исходного сырья применяли три вида сосновой щепы:

1) модельная щепы из свежего пневого осмола с размерами по длине волокна 5, 10, 15 см и одинаковой площадью торца 4×4 мм (табл. 1);

2) технологическая щепы (T_1 и T_2) сульфатно-целлюлозного производства (табл. 2);

3) осмольная (К) щепы (табл. 2).

Обессмоленную и высушенную модельную щепу в течение 30 ... 40 сут пропитывали модельной смесью – раствором канифоли в α -пинене. Выбор α -пинена в качестве модельного вещества объясняется тем, что он является основным компонентом отечественного скипидара.

Таблица 1

Геометрические характеристики образцов модельной щепы

Образец	Средние* размеры, мм	Площадь поверхности, см ²	Объем, см ³	Эквивалентный диаметр, см	Порозность слоя, %	Удельная пло- щадь поверхно- сти, м ² /м ³
Б-5	4,0×3,5×5,6	1,11	0,078	0,594	42	818
Б-10	4,2 × 3,9×10,3	2,00	0,167	0,794	50	590
Б-15	4,2×3,8×15,0	2,73	0,240	0,930	53	538

* Здесь и далее, в табл. 2, средние показатели получены из 100 замеров.

Таблица 2

Характеристика образцов технологической и осмольной щепы

Образец	Средние размеры, мм	Влажность, %	Массовая доля, % от массы абс. сухой древесины	
			скипидара $a_{ск}$	смолистых веществ $a_{см}$
К	11,0×4,1×2,9	2,50...45,0	1,6...2,3	16,0
T ₁	27,8×12,5×4,4	50,4	0,7	3,6
T ₂	26,7×13,1×4,5	51,1	0,9	5,3

Технологическую щепу получали на рубительных машинах Балахинского ЦБК из стволовой части свежесрубленной сосновой древесины.

*Влияние гидродинамических условий
на процесс извлечения скипидара из древесины*

Скорость выделения скипидара из древесины определяется темпом диффузии из внутреннего объема щепы к ее поверхности и отводом его паров в окружающую среду. Как показал анализ литературных данных, в настоящее время отсутствуют убедительные доказательства доминирующей роли какого-либо из этих процессов.

Опыты по исследованию влияния гидродинамического режима на процесс массообмена при отгонке скипидара (или α -пинена из модельной щепы) проводили на установках, включающих отгонный аппарат и систему конденсации и разделения водно-скипидарной смеси [1]. Продолжительность предварительного прогрева модельной щепы составляла 10 ... 15 мин, осмольной – 2 ... 3 мин. Момент ввода пара в аппарат принимали за начало опыта. По окончании отгонки щепу анализировали на остаточное содержание скипидара (α -пинена) кипячением с 3 %-м раствором NaOH.

Гидродинамический режим движения парового потока в аппарате характеризовали критерием Рейнольдса:

$$Re = \frac{Wd_s}{\mu},$$

где W – массовая скорость паров, отнесенная к полному сечению аппарата, кг/(с · м²);

d_s – эквивалентный диаметр щепы, м;

μ – коэффициент динамической вязкости пара при условиях процесса, Па · с.

Кинетика извлечения скипидара из осмольной щепы (e – степень извлечения скипидара) приведена на рис. 1. Полученные результаты показали, что при этом наблюдается следующая закономерность. В начальный период (1 ... 3 мин) скорость процесса высока и зависит от гидродинамических условий в аппарате. При уве-

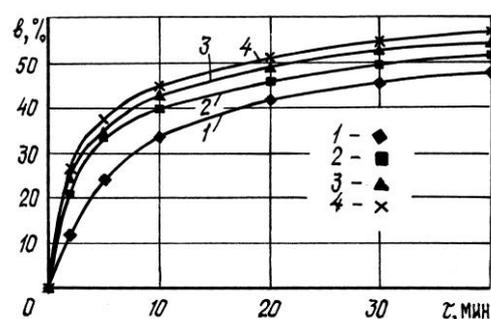


Рис. 1. Кинетические кривые извлечения скипидара из осмольной щепы при различных значениях критерия Re ($t = 120$ °C):
1 – 3; 2 – 6; 3 – 12; 4 – 18

личении критерия Re скорость отгонки возрастает. Преобладающее влияние внешней массоотдачи проявляется за короткий промежуток времени. По мере извлечения скипидара увеличивается рабочая длина пор и процесс массообмена переходит во внутридиффузионную область.

По экспериментальным данным, полученным в опытах по отгонке α -пинена из модельной щепы при температуре 120°C , определяли коэффициент массопередачи β_0 на начальных участках кинетических кривых $v = f(\tau)$ с использованием уравнения

$$\beta_0 = \frac{dG}{dt} \cdot \frac{1}{F \rho_a \left[\frac{M_\alpha P_\alpha}{M_a (\bar{I} - P_\alpha)} - \frac{G_\alpha}{2G_a} \right]}, \quad (1)$$

- где τ – продолжительность процесса, с;
 F – площадь поверхности массопередачи, равная общей площади поверхности щепы, м^2 ;
 ρ_v – плотность водяного пара, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 M_α, M_v – молекулярные массы α -пинена и воды;
 P – общее давление в системе, Па;
 P_α – давление паров раствора канифоли в α -пинене, распределенного в капиллярах древесины при температуре отгонки, Па;
 G_α, G_v – массы отогнанных паров α -пинена и воды за расчетное время отгонки ($\tau = 1$ мин), кг.

Давление P_α принимали равным давлению насыщенных паров над поверхностью раствора канифоли в α -пинене при тех же температуре и концентрации [5]. Выражение $\rho_v G_\alpha / (2G_v)$ представляет собой среднюю концентрацию α -пинена в потоке пара в промежутке времени от 0 до τ .

Связь между коэффициентом массопередачи в начальный период отгонки (1 мин) и массовой скоростью парового потока и критерием Рейнольдса для модельной щепы показана

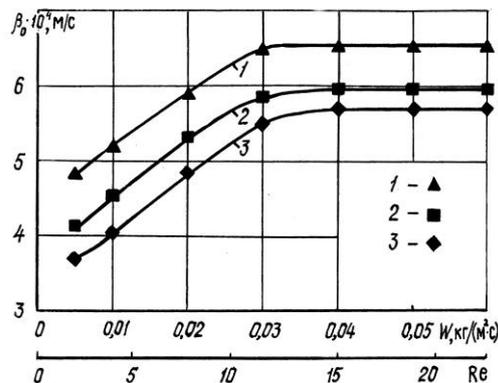


Рис. 2. Зависимость коэффициента массопередачи от массовой скорости пара и критерия Re для модельной щепы: 1 – Б5; 2 – Б10; 3 – Б15

на рис. 2. Как видно из графиков, с увеличением критерия Re наблюдается рост коэффициентов массопередачи. При $Re > Re_{кр}$ ($Re_{кр} = 12,5 \dots 13,0$) коэффициенты β_0 становятся постоянными, следовательно, лимитирующей стадией процесса извлечения становится внутренняя диффузия.

Кривые $\beta_0 = f(W)$ показывают, что при массовой скорости выше $(2,8 \dots 3,2) \cdot 10^{-2} \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ коэффициент β_0 практически не зависит от скорости парового потока. Критическое значение массовой скорости не связано с размерами образцов щепы.

По данным исследований, проведенных на Сегежском ЦБК [4], в пропарочных камерах на установках непрерывной варки целлюлозы типа Камюр массовая скорость водяного пара на единицу площади сечения камер составляет $0,28 \dots 0,50 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, т. е. более чем в 10 раз превышает критическое значение. Следовательно, увеличение расхода пара не может служить средством интенсификации процесса извлечения скипидара при непрерывной варке сульфатной целлюлозы.

Исследование кинетических закономерностей процесса извлечения скипидара

Кинетику процесса массопереноса изучали в условиях, исключая влияние внешней диффузии на извлечение скипидара. Было проведено несколько серий опытов по отгонке α -пинена из модельных образцов щепы при температуре 120°C .

Кинетические кривые, приведенные на рис. 3, показывают, что с увеличением

размеров щепы по длине волокна снижается скорость процесса и уменьшается

степень извле-

чения α -пинена. Особенно большая разница наблюдается при сравнении скоростей извлечения скипидара из образцов щепы Б-10 и Б-15. Объясняется это, по-видимому, ролью анатомической структуры древесины. Трахеиды сосны имеют длину $2,1 \dots 3,7 \text{ мм}$. В связи с этим можно считать, что в щепе Б-5 большая часть трахеид разрезана в поперечном направлении. В образцах щепы Б-10 и Б-15 распределяемое вещество (α -пинен) диффундирует в продольном и поперечном направлениях через мелкие поры, сечение которых меньше сечения трахеид.

Вопрос о влиянии температуры на кинетику извлечения скипидара уже рассматривался в ряде работ [1–3]. С целью дополнения данных прове-

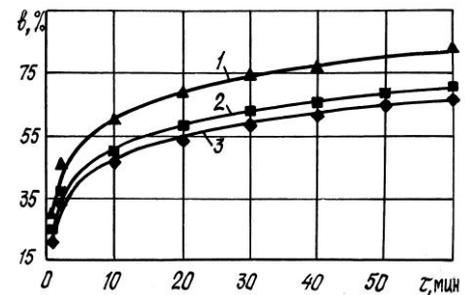


Рис. 3. Влияние размеров образцов модельной щепы на кинетику извлечения α -пинена (здесь и далее, на рис. 4, использованы обозначения рис. 2; v – степень извлечения α -пинена)

дены две серии опытов с разными образцами щепы при различных условиях пропарки. α -Пинен из модельной щепы отгоняли в токе перегретого водяного пара при температуре 100 ... 140 °С, а отдувку скипидара из осмольной и технологической щепы осуществляли насыщенным водяным паром при температуре 120 ... 160 °С.

По полученным кинетическим кривым $\beta = f(\tau)$ коэффициент массоотдачи в твердой фазе рассчитывали по уравнению

$$\beta_{\tau} = \frac{\dot{a}G_{\tau}RM_{\dot{a}}(\dot{I} - \dot{D}_{\dot{n}\dot{e}})}{6 \cdot 10^{-3} G_{\delta} \tau \rho_{\dot{a}} \dot{I}_{\dot{n}\dot{e}} \dot{D}_{\dot{n}\dot{e}} \dot{a}_{\dot{n}\dot{i}}}, \quad (2)$$

где $G_{\dot{n}}$ – масса скипидара в исходной щепе, кг;

R – полудлина ребра щепы, м;

$M_{\text{ск}}$ – молекулярная масса скипидара;

$P_{\text{ск}}$ – парциальное давление паров скипидара над поверхностью раствора смолистых веществ в скипидаре при тех же температуре и концентрации, Па;

G_{τ} – масса абс. сухой щепы, загружаемой в аппарат, кг;

τ – продолжительность процесса, с;

$a_{\text{см}}$ – относительная масса смолистых веществ, кг/кг абс. сухой обессмоленной древесины, кг.

При определении парциального давления скипидара использовали графическую зависимость $P_{\text{ск}} = f(C)$ [2]. Концентрацию C принимали равной отношению массы скипидара к общей массе летучих и нелетучих смолистых веществ (включая и жировые). Данное допущение связано с тем, что экспериментально определить долю растворенных эфиров жирных кислот очень сложно. При расчете кинетических параметров извлечения скипидара из заболонной части древесины следует определять C без учета жировых веществ.

Результаты расчетов β_{τ} для модельной и технологической щепы, представленные на рис. 4, 5, показывают, что β_{τ} зависит от размеров щепы, температуры и степени извлечения скипидара. Резкое уменьшение β_{τ} с увеличением степени извлечения скипидара из древесины подтверждает внутридиффузионный характер процесса.

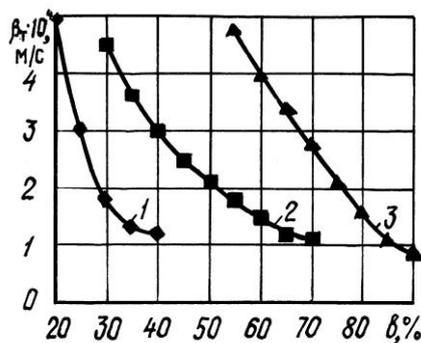
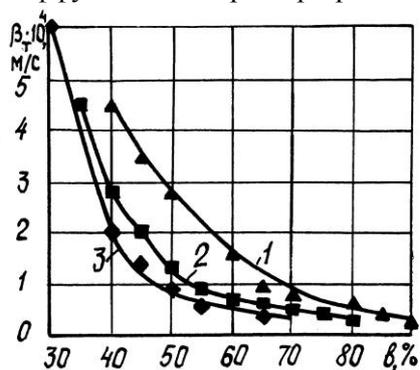


Рис. 4. Зависимость $\beta_T = f(\vartheta)$ для модельной щепы при температуре 120 °С

Рис. 5. Зависимость $\beta_T = f(\vartheta)$ для технологической щепы при различных значениях температуры: 1 – 120; 2 – 140; 3 – 160 °С

Результаты обработки опытных данных

Экспериментальные данные по кинетике извлечения α -пинена из модельной щепы (Б-5, Б-10, Б-15) и скипидара из осмольной (К) и технологической (T_1 , T_2) щепы обрабатывали по критериальному уравнению

$$Nu' = A(Fo')^m.$$

В критерии Нуссельта Nu' и Фурье Fo' входит коэффициент молекулярной диффузии D скипидара в водяном паре. В связи с тем, что отечественный скипидар состоит в основном из смеси терпенов (α -пинена, β -пинена, Δ^3 -карена), имеющих одинаковые молекулярные массы и близкие по величине молярные объемы, во всех опытах D принимали равным коэффициенту диффузии α -пинена, который вычисляли по уравнению

$$D_0 = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} T_0^{3/2}}{P_0 \left(V_\alpha^{1/3} + V_a^{1/3} \right)^2} \sqrt{\frac{1}{M_\alpha} + \frac{1}{I_a}}, \quad (3)$$

где $T_0 = 273$ К;
 $P_0 = 1$ атм;

V_α и V_a – молярные объемы α -пинена и воды.

Перерасчет на другие температуры T и давления P производили по формуле

$$D = D_0 \frac{P_0}{P} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2}. \quad (4)$$

Установлено, что для образцов модельной щепы при различных температурах отгонки процесс подчиняется зависимости $Nu' = A(Fo')^m$. При степени извлечения $\vartheta \leq 80$ % показатель $m = 0,75$ и не зависит от температуры процесса и размеров щепы. Коэффициент A определяется температурой отгонки и не зависит от размеров щепы. Следовательно, геометрические размеры щепы и оборудования не оказывают влияния на кинетику процесса извлечения скипидара, что также подтверждает его внутридиффузионный характер.

Зависимость коэффициента A от температуры можно выразить следующим образом:

в виде степенной функции

$$A = 3,34 \left(\frac{T - T_0}{T_0} \right)^{3,5}; \quad (5)$$

в виде экспоненциальной функции

$$A = 0,54 \cdot 10^{-2} \cdot \exp\left(8,1 \frac{T - T_0}{T_0}\right). \quad (6)$$

Зависимость $Nu' = f(Fo')$ в логарифмических координатах для осмольной и технологической щепы приведена на рис. 6.

Получена явная форма критериального уравнения для щепы:

$$Nu' = 0,1123(Fo')^{0,75}. \quad (7)$$

На рис. 6 видно хорошее совпадение опытных и рассчитанных по уравнению (7) данных. Максимальное отклонение составляет 15 %.

Полученное критериальное уравнение позволяет производить кинетический расчет процессов отдувки скипидара водяным паром из щепы, отличающейся размерами, массовой долей смолистых веществ и скипидара, в широком интервале изменения температуры.

Пути интенсификации процесса извлечения скипидара на установках непрерывной варки целлюлозы

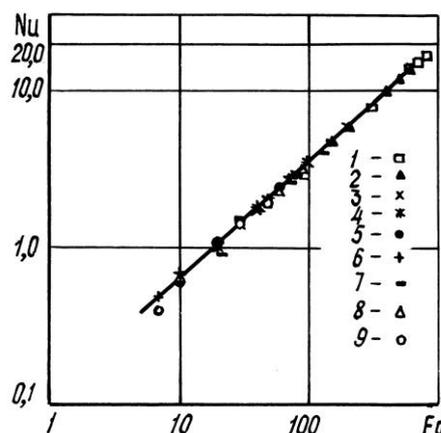


Рис. 6. Зависимость $Nu' = f(Fo')$ для осмольной (1–3) и технологической (4–9) щепы при различных значениях температуры: 1, 4, 7 – 120; 2 – 130; 5, 8 – 140; 3, 6, 9 – 160 °C

Кинетика извлечения скипидара из древесины определяется внутренним массопереносом. Внешняя массоотдача влияет на этот процесс лишь при низких скоростях потока пара.

Запишем уравнение кинетики массопереноса, выразив β_r через критерий Нуссельта:

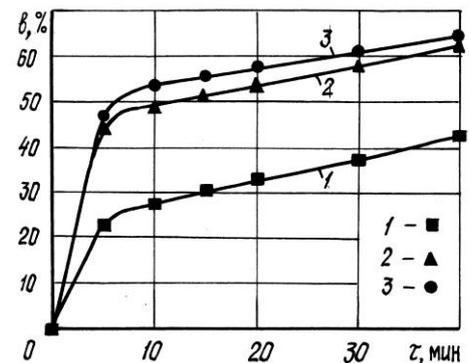
$$G = \frac{D}{Nu'R} F\rho_a \frac{\dot{I}_{\dot{n}\dot{e}} D_{\dot{n}\dot{e}}}{\dot{I}_{\dot{a}} (\dot{I} - D_{\dot{n}\dot{e}})} \tau. \quad (8)$$

Уравнение (8) показывает, что ускорение извлечения скипидара из древесины определяется парциальным давлением паров скипидара $P_{ск}$. Исходя из этого нами предложено для увеличения $P_{ск}$ производить предварительную пропитку древесины щелочными растворами или совмещать пропарку щепы с ее пропиткой.

Сущность ускорения процесса выделения скипидара при щелочной пропитке щепы заключается, по-видимому, в следующем. Щелочной раствор сравнительно быстро проникает в открытые поры древесины и омыляет смолистые вещества, растворенные в скипидаре. Образующиеся соли (в основном смоляных кислот) переходят из скипидарного в водный щелочной раствор, при этом понижается содержание смолистых веществ в скипидарном растворе. Парциальное давление паров скипидара $P_{ск}$ резко возрастает. Так, при увеличении концентрации скипидара в растворе от 15 до 30 %

при той же температуре давление $P_{ск}$ возрастает более чем в два раза. Повышение $P_{ск}$ увеличивает движущую силу процесса, что приводит к значительному росту потока распределяемого вещества изнутри к поверхности щепы.

С целью изучить этот процесс исследовали кинетику извлечения скипидара из щепы T_1 , пропитанной 10 %-м водным раствором NaOH (соответствует крепости производственного белого щелока, применяемого при варке целлюлозы). Продолжительность пропитки 1 и 10 мин. Методика проведения опытов аналогична методике отгонки скипидара из необработанной щепы. На рис. 7 показаны кинетические кривые извлечения скипидара из обычной и пропитанной щепы (температура в сравниваемых опытах 120 °С).



Необходимо отметить значительное увеличение выхода скипидара

Рис. 7. Влияние продолжительности щелочной пропитки щепы на степень извлечения скипидара: 1 – без пропитки; 2 – пропитка 1 мин; 3 – 10 мин

в начальный период отгонки. Так, степень извлечения скипидара из пропитанной щепы за 5 мин составляет 45 ... 50 %, из обычной – 22 %. Затем скорость процесса снижается и становится равной скорости отгонки из необработанной щепы. Это объясняется неполной пропиткой щепы щелочным раствором. Во внутренних полостях не происходит омыления смолистых веществ, упругость паров скипидарного раствора снижается, что приводит к уменьшению движущей силы процесса.

Результаты этих опытов подтвердили правильность теоретических предпосылок о влиянии равновесия пар – жидкость в системах терпены – смоляные кислоты на кинетику извлечения скипидара из древесины.

Выводы

1. Скорость извлечения скипидара из древесины определяется процессом внутреннего массопереноса в капиллярах. Для описания кинетики процесса можно применять критериальное уравнение $Nu' = 0,1123(Fo')^{0,75}$.

2. Расход пара на отгонку, геометрические характеристики слоя и аппарата не оказывают существенного влияния на процесс извлечения скипидара, так как массообмен протекает во внутривдиффузионной области.

3. Кратковременная щелочная пропитка щепы позволяет более чем в два раза увеличить выход скипидара на установках Камюр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кинетика выделения скипидара из щепы при обработке паром / А.И. Головин, Э.И. Фейгус, С.И. Третьяков, А.И. Киприанов // Лесн. журн. – 1974. – № 3. – С. 116–119. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Молдавская М.И., Гребенев Л.В. Выход скипидара на установках непрерывной варки // Химич. перераб. древесины. – 1969. – № 9. – С. 5.
3. Соснин А.Е., Третьяков С.И. Влияние температуры на выход скипидара при пропаривании технологической щепы целлюлозного производства // Лесохимия и подсочка. – 1972. – № 4. – С. 11–12.
4. Третьяков С.И., Головин А.И., Фейгус Э.И. Потери скипидара на установках непрерывной варки целлюлозы // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1974. – № 2. – С. 5–6.
5. Третьяков С.И., Киприанов А.И. Упругость паров в системе α -пинен – канифоль // Химическая и механическая переработка древесных отходов: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: РИО ЛТА, 1976. – С. 60–63.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 28.12.01

S.I. Tretyakov

Analysis of Mass Transfer Kinetics when Extracting Turpentine from Wood

The limiting stages of mass exchange process are determined and the influence of main factors on kinetics of extracting turpentine from wood is stated. Method of increasing the turpentine output under continuous pulp cooking is proposed.





УДК 339.727

М.И. Лисица

Лисица Максим Иванович родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики Международного института управления. Имеет 15 печатных работ в основном по проблемам инвестиций.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ АРБИТРАЖНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОТРАСЛЕВОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО РИСКА НА ПРИМЕРЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассматривается способ оценки инвестиционного риска и расчета требуемой нормы прибыли для дисконтирования денежных потоков с помощью теории арбитражного ценообразования на примере целлюлозно-бумажной промышленности России.

арбитражное ценообразование, требуемая норма прибыли, инвесторы.

В современной финансовой теории известны несколько методов оценки текущей (приведенной) стоимости активов, однако наибольшее признание и распространение получила ценовая модель фондового рынка, или модель оценки доходности финансовых активов. Суть подхода изображена на рис. 1.

Предположим, на фондовом рынке существует набор ценных бумаг. Область ABC количественно определяет этот набор по соотношению риск – доходность. Все возможные портфели ограничены этой областью. Однако эффективный портфель лежит на линии AB , поскольку именно здесь можно получить максимальную доходность (R_M) при данном риске либо минимальный риск δ_m при данной доходности [2].

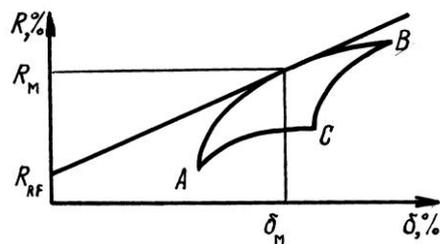


Рис. 1. Ценовая модель фондового рынка [1]: R – доходность; σ – стандартное отклонение, или риск

Допустим, на рынке существует актив, дающий безрисковую доходность (R_{RF} , где $\delta = 0$), тогда эффективный портфель будет преобразован из линии AB в луч R_{RF} и ценовая модель фондового рынка может быть описана уравнением линейной регрессии ($Y = B + AX$, или $R_i = R_{RF} + \frac{R_i - R_{RF}}{\delta_i} \delta_i$). Выражение δ_i/δ_m принято считать бета-коэффициентом, или рыночной чувствительностью инвестиций (β_i) [2, 3]. Теперь уравнение ценовой модели фондового рынка можно записать с учетом бета-коэффициента ($R_i = R_{RF} + (R_m - R_{RF}) \beta_i$) [3].

Данная модель справедлива для совершенных финансовых рынков, в которых финансовые ресурсы перетекают от одних инвесторов к другим без издержек. Таких рынков в мире не существует. Другая проблема данного метода состоит в том, что безрисковых активов также нет (истории не известен актив, который имел бы нулевое значение стандартного отклонения – постоянную доходность), т. е. линейный характер регрессии возможен только на коротких временных промежутках. Таким образом, в долгосрочном плане эмпирически данный подход подтвердить нельзя. На самом деле довольно сложно поверить, что однофакторная модель фондового рынка учитывает все возможные воздействия на деятельность предприятия. Это сомнение тем более справедливо в России, где фондовый рынок находится в подавленном состоянии, т. е. использование модели оценки доходности финансовых активов крайне затруднительно. Однако на практике это наиболее широко применяемый метод оценки риска и построения доходности или требуемой нормы прибыли (R_i).

Перспективным, но пока теоретически слабо проработанным подходом для оценки риска считается теория арбитражного ценообразования. Метод исходит из того, что на требуемую норму прибыли оказывают влияние множество факторов (цены на продукцию, кредитные ставки, курс национальной валюты и т. д.) [4].

Суть этого многофакторного метода разберем на примере целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) – рис. 2–5.

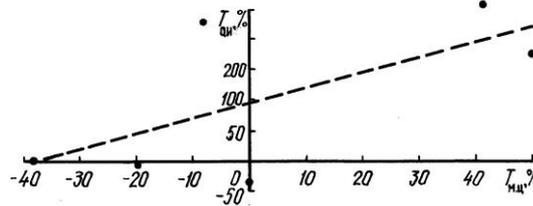
По нашему мнению, на требования инвесторов к доходности в ЦБП влияют следующие важнейшие факторы:

1) цены мирового рынка лесобумажной продукции, выраженные через темпы прироста;

2) кредитные ставки (для отечественных инвесторов) и (или) альтернативные варианты использования денежных средств на российском фондовом рынке (прежде всего для иностранных инвесторов), выраженные через темпы прироста учетных ставок Центрального банка (ЦБ) РФ как индикаторов рынка государственных краткосрочных облигаций.

Итак, имеем дело с двухфакторной моделью арбитражного ценообразования.

Рис. 2. Связь темпов прироста мировых цен на продукцию ЦБП ($T_{м.ц}$) и отечественных инвестиций ЦБП ($T_{о.и}$): $y = 2,5659x + 93,3977$; доверительная вероятность 92 %



На рис. 2 бета-коэффициент рассчитывается через соотношение изменения темпов прироста отечественных инвестиций в ЦБП и мировых цен на продукцию отрасли ($\beta = 93,4 / 36,4 = 2,5659$). В общем виде уравнение рыночной чувствительности отечественных инвестиций в ЦБП можно выразить через соотношение стандартных отклонений темпов прироста показателей, умноженное на коэффициент их корреляции ($\beta_{о.и; м.ц} = \frac{\delta_{о.и}}{\delta_{м.ц}} \rho_{о.и; м.ц}$).

Согласно рис. 3, бета-коэффициент определяется аналогично – через соотношение изменения темпов прироста отечественных инвестиций в отрасль и учетных ставок ЦБ РФ ($\beta = 139,16 / 66,36 = 2,0971$). В общем виде уравнение рыночной чувствительности отечественных инвестиций в ЦБП можно, как и в предыдущем случае, выразить через соотношение стандартных отклонений темпов прироста показателей, умноженное на коэффициент их корреляции ($\beta_{о.и; у.с} = \frac{\delta_{о.и}}{\delta_{у.с}} \rho_{о.и; у.с}$).

Требуемая норма прибыли в отрасли для отечественных инвесторов может быть рассчитана, исходя из следующего. Технологическое оборудование в ЦБП (это касается экономически развитых стран) меняется при наличии эффективных технических решений через 6,5 ... 7 лет [5], т. е. в течение этого периода первоначальные вложения (инвестиции) должны окупиться. Таким образом, расчетная норма прибыли на вложенный капитал (k_r) обычно составляет 15 %, или 0,15. Данный показатель является реальным – из него исключено влияние инфляции (s), которую Банк России на 2001 г. прогнозировал на уровне 22,5 % (в среднем за период с начала года по сентябрь в годовом исчислении), или 0,225. Мы же в своих расчетах бета-коэффициентов пользовались номинальными показателями –

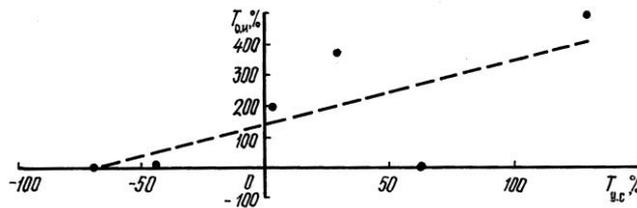
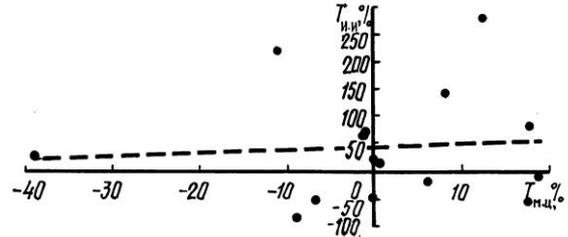


Рис. 3. Связь темпов прироста учетных ставок ЦБ РФ ($T_{у.с}$) и отечественных инвестиций в ЦБП ($T_{о.и}$): $y = 2,0971x + 139,1565$; доверительная вероятность 93 %

Рис. 4. Связь темпов прироста мировых цен на продукцию ЦБП ($T_{м.ц}$) и иностранных инвестиций в ЦБП ($T_{и.и}$): $y = 0,5691x + 43,4547$; доверительная вероятность 87 %



влияние инфляции не было исключено. Следовательно, необходимо все данные привести в сопоставимый вид. Номинальная норма прибыли на вложенный капитал (k_s) составит 40,88 %, или $0,4088 = 0,15 + 0,225 + 0,15 \times 0,225$ ($k_s = k_r + s + k_r s$). Для расчета требуемой нормы прибыли в качестве базовой доходности мы возьмем учетную ставку Банка России (R_{RF}), составляющую сейчас 25 % в год, или 0,25.

Итак, номинальная требуемая норма прибыли (R_s) в ЦБП для отечественных инвесторов в 2001 г. составляет 99,03 %, или $0,9903 = 0,25 + (0,4088 - 0,25) \cdot 2,5659 + (0,4088 - 0,25) \cdot 2,0971$. В общем виде модель выглядит так: $R_s = R_{RF} + (k_s - R_{RF})\beta_{о.и; м.ц} + (k_s - R_{RF})\beta_{о.и; у.с}$. Реальная требуемая норма прибыли (R_r) равна 73,16 %, или $0,7316 = 0,9903 - 0,225 - 0,15 \cdot 0,225$ ($R_r = R_s - s - k_r s$).

На рис. 4 бета-коэффициент рассчитывается, как и в случае, указанном на рис. 2, только вместо темпов прироста отечественных инвестиций берутся темпы прироста иностранных ($\beta = 43,45 / 76,35 = 0,5691$). Уравнение же рыночной чувствительности иностранных инвестиций будет иметь также общепринятый вид ($\beta_{и.и; м.ц} = \frac{\delta_{и.и}}{\delta_{м.ц}} \rho_{и.и; м.ц}$).

Согласно рис. 5, бета-коэффициент определяется подобно рис. 3 и, как в случае, описанном выше, вместо темпов прироста отечественных

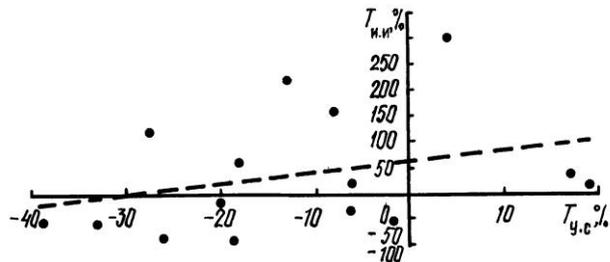


Рис. 5. Связь темпов прироста учетных ставок ЦБ РФ ($T_{у.с}$) и иностранных инвестиций в ЦБП ($T_{и.и}$): $y = 2,0781x + 63,0039$; доверительная вероятность 90 %

инвестиций используются темпы прироста иностранных ($\beta = 63 / 30,32 = 2,0781$). Уравнение рыночной чувствительности иностранных инвестиций будет иметь также привычный вид ($\beta_{и.и.; м.ц} = \frac{\delta_{и.и.}}{\delta_{м.ц}} \rho_{и.и.; м.ц}$).

Номинальная требуемая норма прибыли в ЦБП России для иностранных инвесторов в 2001 г. составляет 67,02 %, или $0,6702 = 0,25 + (0,4088 - 0,25) \cdot 0,5691 + (0,4088 - 0,25) \cdot 2,0781$. В общем виде модель выглядит так: $R_s = R_{RF} + (k_s - R_{RF})\beta_{и.и.; м.ц} + (k_s - R_{RF})\beta_{и.и.; у.с.}$. Реальная требуемая норма прибыли равна 41,15 %, или $0,4115 = 0,6702 - 0,225 - 0,15 \cdot 0,225$.

По прогнозу Центра стратегических разработок, в 2002 г. инфляция составит 11 ... 13 %.

Пользуясь рассмотренной нами методикой, на 2002 г. можно предложить следующие номинальные требуемые нормы прибыли в ЦБП России: для отечественных инвесторов – 37,36 ... 48,08; для иностранных – 28,13 ... 38,1 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 1997. – 1120 с.
2. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: В 2-х т. / Пер. с англ. под ред. В.В. Ковалева. – СПб.: Экон. шк., 1997.
3. Иоффе Л.О. Решение проблем экологии сульфитно-целлюлозных производств: основные направления // Бум. пром-сть. – 1990. – № 8. – С. 18-19.
4. Норткотт Д. Принятие инвестиционных решений / Пер. с англ. под ред. А.Н. Шохина. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 247 с.
5. Ross S.A. The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing // Journ. Econ. Theory. – 1976. – Dec. – P. 341–360.

Международный институт
управления

Поступила 13.06.2000 г.

M.I. Lisitsa

Use of Arbitrage Price Formation Theory for Assessment of Branch Investment Risk Based on Pulp-and-Paper Industry

The way of investment risk evaluation and calculation of required profit rate for discounting money flows is investigated with the help of arbitrage price-formation theory based on the example of pulp-and-paper industry in Russia.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*165.51

Е.Н. Исаева, Е.Н. Самошкин

Исаева Елена Николаевна родилась в 1971 г., окончила в 1993 г. Брянский педагогический институт, соискатель кафедры дендрологии, селекции и озеленения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 4 печатные работы.



Самошкин Егор Никитич родился в 1934 г., окончил в 1960 г. Всесоюзный заочный лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой дендрологии, селекции и озеленения Брянской государственной инженерно-технологической академии, академик РАЕН. Имеет более 100 научных работ по генетике и селекции древесных растений.

**СОДЕРЖАНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ
В ПЛОДАХ КАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
БРЯНСКОГО ОКРУГА ЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ**

Установлено, что содержание аскорбиновой кислоты наибольшее в крупных плодах и постепенно уменьшается с конца сентября до января.

калина, плоды, аскорбиновая кислота, Брянский округ зоны широколиственных лесов.

Наиболее изученный витамин в плодах растений – аскорбиновая кислота. Она участвует в регулировании окислительно-восстановительных процессов, влияет на холестериновый обмен, эффективна при лечении многих заболеваний [2], повышает сопротивляемость организма [3]. В связи с этим определенный интерес представляют сведения о ее содержании в плодах дикорастущих растений.

Одним из наиболее распространенных дикорастущих плодовых кустарников является калина обыкновенная. В литературе [3] имеются общие данные о содержании аскорбиновой кислоты в плодах калины (от 10 до 40 мг %), данные же для Брянского округа зоны широколиственных лесов нам неизвестны.

Сбор плодов для биохимического анализа проводился в 2000 г. в естественных лесных насаждениях в первой декаде сентября, когда они пол-

Таблица 1

Группа плодов	$M \pm m$, мг %	δ	C , %	P , %
Мелкие	$27,3 \pm 0,74$	2,34	8,5	2,7
Средние	$30,0 \pm 0,57$	1,80	5,9	1,9
Крупные	$43,7 \pm 0,35$	1,13	2,6	0,8

Примечание. δ – среднее квадратическое отклонение; C – коэффициент вариации, %; P – точность опыта, %.

Таблица 2

Дата	$M \pm m$, мг %	δ	C , %	P , %
24.09	$30,0 \pm 0,57$	1,80	5,9	1,9
04.10	$27,8 \pm 0,17$	0,53	1,9	0,6
14.10	$27,7 \pm 0,21$	0,67	2,4	0,7
24.10	$26,7 \pm 0,28$	0,87	3,2	1,03
04.11	$26,3 \pm 0,27$	0,84	3,2	1,01
14.11	$22,7 \pm 0,23$	0,75	3,3	1,04
24.11	$21,8 \pm 0,44$	1,41	6,4	2,04
04.12	$20,9 \pm 0,28$	0,89	4,2	1,3
15.12	$20,0 \pm 0,53$	1,68	8,4	2,6
25.12	$20,5 \pm 0,47$	1,50	7,2	2,3

ностью созревают. Плоды разделяли на три группы: мелкие (до 300 мг), средние (500 мг) и крупные (700 мг и более).

Содержание аскорбиновой кислоты определяли по методу А.М. Котенко, Р.С. Корытнюк [1]. Результаты представлены в табл. 1.

Как видно (табл. 1), наибольшее количество аскорбиновой кислоты содержится в крупных плодах, и чем больше масса плодов, тем оно выше.

В естественных условиях плоды калины могут сохраняться довольно долго, поэтому важно знать содержание аскорбиновой кислоты в течение длительного времени. Мы вели исследования с 24 сентября по 25 декабря 2000 г., при этом использовали средние по массе плоды.

Установлено (табл. 2), что за указанный период содержание аскорбиновой кислоты в плодах калины снизилось от 30,0 до 20,5 мг %.

Из полученных результатов следует, что калину обыкновенную можно отнести к высоковитаминным видам. Сбор ягод рекомендуется проводить в конце сентября – октябре, когда содержание аскорбиновой кислоты наибольшее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котенко А.М., Корытнюк Р.С. Технология и контроль качества растворов для инъекций в аптеках. – Киев: Здоровье, 1990. – 137 с.

2. *Петрова В.П.* Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. – Киев: Вища шк., 1986. – 287 с.
3. *Петрова В.П.* Дикорастущие плоды и ягоды. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 247 с.

Брянская государственная
инженерно-технологическая академия

E.N. Isaeva, E.N. Samoshkin

Ascorbic Acid Content in European Cranberry Bush Fruits in Broad-leaved Forests Zone of the Bryansk District

The highest content of ascorbic acid is found to be in big fruits that gradually decreases from the end of September till January.



УДК 536.25:674.047

В.Б. Кунтыш, А.В. Позднякова, В.И. Мелехов

Кунтыш Владимир Борисович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент Международной энергетической академии и академик Международной академии холода. Имеет более 290 печатных трудов в области интенсификации конвективного теплообмена развитых поверхностей при внешнем обтекании их однофазными газовыми теплоносителями и теоретических основ для проектирования высокоэффективных теплообменников воздушного охлаждения энергоносителей.



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



ТЕПЛОТДАЧА ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИЕЙ ОДИНОЧНОГО РЯДА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ КАЛОРИФЕРОВ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР

Установлено, что увеличение шага оребренных труб от 58 до 70 мм сопровождается ростом теплоотдачи в 1,34 раза, которая достигает значений теплоотдачи для одиночной вертикальной трубы и остается неизменной при больших значениях шага труб. Результаты опытов обобщены критериальными уравнениями, действительными в интервале числа Релея $(0,55 \dots 5,0) \cdot 10^8$.

теплоотдача конвекцией, оребренные трубы, калориферы, камерная сушка.

Камерная сушка пиломатериалов является самым энергоемким процессом в технологии деревообрабатывающих производств [5]. Для уменьшения энергопотребления в лесосушильных камерах (ЛСК) все большее применение находят режимы с естественной конвекцией воздуха, особенно при сушке твердолиственных наиболее ценных пород древесины [3]. Подобная тенденция наблюдается и в процессе сушки с мягкими режимами традиционных хвойных пиломатериалов. Для естественно-конвективного нагрева воздуха в ЛСК наиболее целесообразно применять калориферы, пучки которых представляют собой одиночный ряд вертикально расположенных биметаллических ребристых труб (БРТ) с накатными алюминиевы-

ми ребрами. Калориферы такой конструкции обычно используют для нагрева воздуха в промышленных помещениях, цехах лесопиления, деревообработки и пр. Однако в научно-технической литературе отсутствуют сведения об исследованиях и расчетные зависимости теплоотдачи при естественной конвекции воздуха в пучках из вертикальных труб БРТ, для выполнения которых выполнена настоящая работа.

Опыты проводили в условиях полного теплового моделирования на вертикальных однорядных пучках из БРТ со спиральными трехзаходными алюминиевыми ребрами следующих геометрических параметров: наружный диаметр $d = 55,6$ мм; высота $h = 14,55$ мм; шаг $S = 2,91$ мм; толщина $\Delta = 0,75$ мм; диаметр у основания ребра $d_0 = d - 2h = 26,5$ мм. Наружный диаметр несущей трубы $d_n = 25$ мм, толщина ее стенки $\delta = 2$ мм. Теплоотдающая длина экспериментальных биметаллических ребристых труб $l = 300$ мм. Коэффициент оребрения труб $\phi = 16,8$.

Эксперимент состоял из 9 серий опытов, во время которых определены теплоотдачи одиночной вертикальной трубы и однорядных вертикальных пучков с шагом расположения труб в решетке $S = 58, 61, 64, 70, 76, 86, 100, 120$ мм, которому соответствует относительный шаг $\sigma = S/d = 1,043; 1,097; 1,151; 1,259; 1,367; 1,547; 1,799; 2,158$.

В ряду устанавливали пять труб, обогреваемых электрическим током с помощью нихромовых нагревателей. Центральная труба ряда являлась калориметром, на половине которого через 45° по спирали заложены пять термопар. Подробное описание экспериментальной установки, конструкции трубы-калориметра и методика проведения опытов изложены в [2, 4].

Коэффициент теплоотдачи естественной конвекцией, Вт/(м²·К), определяли по формуле

$$\alpha_k = \frac{W - Q_{\text{пот}} - Q_{\text{л}}}{F(t_{\text{ст}} - t_0)} = \frac{Q_k}{F(t_{\text{ст}} - t_0)}, \quad (1)$$

где W – подводимая электрическая мощность, Вт;

$Q_{\text{пот}}$ – тепловые потери через торцы (принимают по рекомендациям [4]), Вт;

$Q_{\text{л}}$ – тепловой поток излучением, Вт;

Q_k – тепловой поток конвекцией, Вт;

F – полная теплоотдающая поверхность калориметра, м²;

$t_{\text{ст}}$ – средняя температура поверхности стенки у основания ребра, °С;

t_0 – температура окружающего воздуха, °С.

Тепловой поток излучением вычисляли по [4]:

$$Q_{\text{л}} = C_0 \varepsilon_{\text{эф}} \phi_{1-2} F \left[\left(\frac{T_{\text{ст}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right], \quad (2)$$

где C_0 – постоянная Стефана–Больцмана;

$\varepsilon_{\text{эф}}$ – эффективная степень черноты калориметра, принимаемая по рекомендациям [1, 4];

φ_{1-2} – угловой коэффициент излучением, определяемый по зависимостям работы [4].

Результаты опытов обработаны и представлены в числах подобия Нуссельта

$$Nu = \frac{\alpha_k l}{\lambda}$$

и Рэлея

$$Ra = \frac{g\beta l^3 (t_{ст} - t_0)}{a\nu}$$

Теплофизические свойства воздуха (коэффициент теплопроводности λ , коэффициент кинематической вязкости ν , коэффициент температуропроводности a , коэффициент объемного расширения β) находили по температуре окружающего воздуха t_0 . Относительная среднеквадратичная погрешность Nu и Ra не превышала соответственно 5,8 и 6,1 %.

Среднюю температуру поверхности стенки $t_{ст}$ калориметра определяли как среднеарифметическое значение по показаниям установленных термопар. Распределение температуры стенки по высоте калориметра показано на рис. 1 для двух тепловых режимов: $W_{min} = 10,6$ Вт и $W_{max} = 152,5$ Вт. Отсюда следует, что температура по высоте различается на 5,5 % при минимальной нагрузке и не более 9,0 % при максимальной нагрузке. Различие

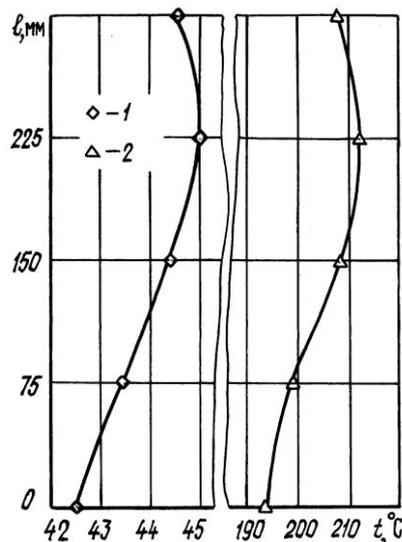


Рис. 1. Распределение температуры стенки по высоте калориметра для $t_0 = 20$ °C при различных значениях W : 1 – 10,6 Вт; 2 – 152,5 Вт

в температуре по высоте объясняется развитием пограничного слоя воздуха вдоль трубы.

На рис. 2 представлена теплоотдача одиночной вертикальной трубы и однорядных пучков из вертикальных труб для разных значений относительного шага $\sigma = 1,043 \dots 2,158$. С возрастанием σ от 1,043 до 1,259 проис-

ходит увеличение интенсивности теплоотдачи, но при больших значениях σ теплоотдача однорядного пучка остается неизменной, равной теплоотдаче одиночной вертикальной трубы, что наглядно видно из зависимости на рис. 3, построенной для $Ra = 2,5 \cdot 10^8$. Качественно подобная картина зависимости $Nu = f(\sigma)$ имеет место и для других опытных значений Ra . Совпадение теплоотдачи вертикального ряда труб при $\sigma \geq 1,259$ с теплоотдачей одиночной трубы объясняется отсутствием взаимного влияния пограничных слоев воздуха рядом расположенных труб.

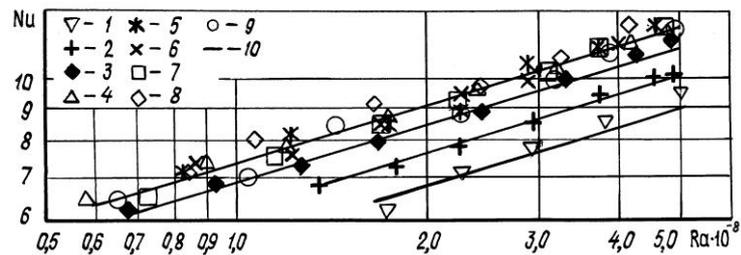


Рис. 2. Теплоотдача вертикальных пучков (1 – 8) и одиночной трубы (9) в условиях полного моделирования и рассчитанная по уравнению (3) – 10 (здесь и далее, на рис. 4, номер пучка совпадает с номером кривой)

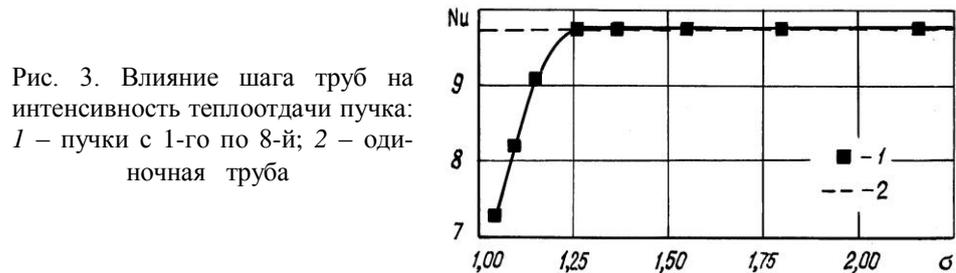


Рис. 3. Влияние шага труб на интенсивность теплоотдачи пучка: 1 – пучки с 1-го по 8-й; 2 – одиночная труба

Результаты экспериментов с отклонением опытных данных на $\pm 4\%$ аппроксимировали зависимостью вида

$$Nu = A Ra^{0,3}, \tag{3}$$

где $A = 0,0220; 0,0248; 0,0275; 0,295; 0,295; 0,295; 0,295; 0,295$ соответственно для пучков с $\sigma = 1,043; 1,097; 1,151; 1,259; 1,367; 1,547; 1,799; 2,158$; для одиночной трубы $A = 0,295$.

Обобщенное критериальное уравнение для естественной конвекции воздуха одиночного вертикального ряда оребренных труб в диапазоне изменения шага $\sigma = 1,043 \dots 1,259$, полученное по данным рис. 4, имеет вид

$$Nu = 0,021\sigma^{1,62} Ra^{0,3}. \tag{4}$$

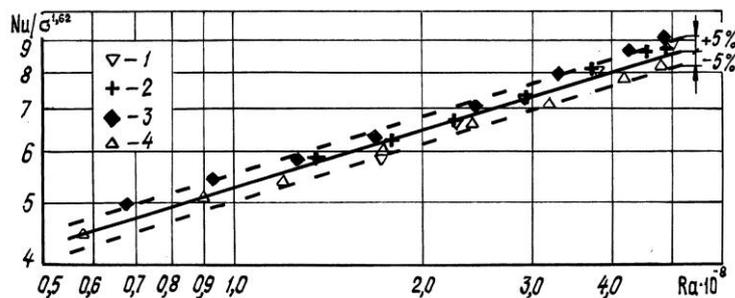


Рис. 4. Обобщение опытных данных по теплоотдаче вертикальных пучков (1 – 4) (прямая получена по уравнению (4))

Уравнение (4) действительно для интервала $Ra = (0,55 \dots 5,0) \cdot 10^8$. Теплоотдача пучков труб с $\sigma \geq 1,259$ подчиняется уравнению (3) для одиночной трубы.

Таким образом, полученные закономерности могут быть использованы при проектировании теплового оборудования лесосушильных камер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
2. Кунтыш В.Б., Позднякова А.В., Самородов А.В. Исследование и сравнение интенсивности свободно-конвективной теплоотдачи коридорных и шахматных пучков из труб со спиральными ребрами в неограниченном объеме воздуха // Тр. XIII Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева. Том 2. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – С. 313–317.
3. Расчет, проектирование и реконструкция лесосушильных камер / Е.С. Богданов, В.И. Мелехов, В.Б. Кунтыш и др.; Под ред. Е.С. Богданова. – М.: Экология, 1993. – 352 с.
4. Самородов А.В., Роцин С.П., Кунтыш В.Б. Исследование лучистого теплообмена одиночной ребристой трубы с окружающей средой // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр. – Архангельск, 1997. – Вып. 2. – С.102-113.
5. Справочник по сушке древесины/ Е.С. Богданов, В.А. Козлов, В.Б. Кунтыш, В.И. Мелехов; Под ред. Е.С. Богданова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 304 с.

Архангельский государственный
технический университет

V.B. Kuntyshev, A.V. Pozdnyakova, V.I. Melekhov

Heat Transfer by Natural Convection of Vertical Finned Tubes of Drying Kilns Calorifers

It is found out that the increase of the step of finned tubes from 58 to 70 mm is accompanied by the growth of heat transfer in 1.34 times that reaches values of heat transfer for single vertical tube and remains unchanged at high values of the tube step. The results of experiments are generalized by the criteria equations valid in the interval of the Reley number $(0.55 \dots 5.0) \cdot 10^8$.

УДК 621.311

С.П. Агеев

Агеев Сергей Петрович родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 научных работ в области электроснабжения промышленных предприятий.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРУППОВЫХ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЛЕСОПИЛЬНОГО ЦЕХА

Предложен общий метод моделирования групповых графиков активной мощности электроприемников лесопильного производства.

моделирование, вероятность, случайные числа, электрическая сеть, лесопильная рама, активная мощность, график нагрузки.

При решении ряда технико-экономических задач проектирования электрических сетей промышленных предприятий возникает необходимость в экспериментальных исследованиях влияния электрических нагрузок на соответствующие элементы сетей.

Известно [5], что в установившемся режиме работы промышленного предприятия групповые графики нагрузки электрических сетей представляют собой стационарные случайные процессы, методы моделирования которых достаточно разработаны. Однако применение этих методов требует задания индивидуальных графиков нагрузки, в то время как для многих электроприемников известны лишь некоторые показатели графиков. В настоящей работе для электроприемников лесопильного производства предлагается общий метод моделирования групповых графиков нагрузки, применение которого иллюстрируется практическим примером.

Сущность метода моделирования

В настоящей работе, как и в двух предыдущих [1, 2], электрическая сеть лесопильного цеха представлена как замкнутая система массового обслуживания, процессы в которой протекают по типу «гибели и размножения». В дальнейшем для определенности рассматривают групповые графики $P(t)$ активной мощности электродвигателей лесопильных рам, но полученные выводы справедливы для графиков реактивной мощности и приближенно – для графиков тока. В работе [1] показано, что индивидуальные графики активной мощности указанных приемников представляют собой по-

следовательности прямоугольных импульсов разной высоты и длительности, причем для лесопильных рам известны средние значения параметров λ и μ , характеризующих их работу.

Сущность предлагаемого моделирующего алгоритма состоит в следующем. Некоторому случайным образом заданному начальному числу наложившихся рабочих периодов m на индивидуальных графиках работы лесопильных рам ставится в соответствие случайное значение P_m суммарного графика активной мощности. Это значение сохраняется в течение интервала времени, длительность которого T_m формируется как случайная величина с известным законом распределения $f_m(t)$. По истечении этого времени система массового обслуживания переходит в состояние $m + 1$ с вероятностью $E_{m,m+1}$, что означает совпадение во времени рабочих периодов $m+1$ лесопильных рам, либо в состояние $m - 1$ с вероятностью $E_{m,m-1}$, которое соответствует переходу какой-либо лесопильной рамы в режим холостого хода. Далее реализация алгоритма осуществляется по уже описанной выше процедуре.

Таким образом, для моделирования групповых графиков активной мощности электродвигателей лесопильных рам необходимо знать условные вероятности перехода одной из работающих лесопильных рам в режим холостого хода и распиловки очередного бревна, а также вероятностное распределение длительностей значения P_m мощности, отвечающего заданному количеству m совместившихся периодов распиловки n работающих лесопильных рам.

Определение исходных данных

1. Средняя длительность \bar{T}_m ступени группового графика значением P_m определяется по выражению

$$\bar{T}_m = \frac{1}{m\mu + \lambda(n-m)}. \quad (1)$$

2. Вероятность значения P_m активной мощности в установившемся режиме работы определяется по формуле

$$E_m = \frac{(\lambda/\mu)^m C_n^m}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^n}. \quad (2)$$

3. Длительность T_m значения активной мощности P_m группового графика имеет показательное распределение, плотность которого

$$f_m(t) = [m\mu + \lambda(n-m)] e^{-[m\mu + \lambda(n-m)]t}. \quad (3)$$

Вывод формул (1) – (3) изложен в работе [2].

4. Условные вероятности $E_{m,m+1}$ перехода какой-либо лесопильной рамы в режим распиловки или холостого хода $E_{m,m-1}$ при наличии m уже работающих лесопильных рам определяются по формулам

$$E_{m,m+1} = \frac{\lambda(n-m)}{m\mu + \lambda(n-m)}; \quad E_{m,m-1} = \frac{m\mu}{m\mu + \lambda(n-m)}. \quad (4)$$

Для нахождения этих вероятностей рассмотрим следующий граф состояний системы массового обслуживания (СМО), который получен с учетом того, что состояния $m-1$ и $m+1$ являются поглощающими (рис. 1):

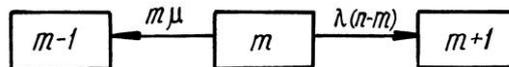


Рис. 1. Граф состояний системы с двумя поглощающими состояниями

Для этого графика находим предельные вероятности состояний $E_{m,m-1}$ и $E_{m,m+1}$. Так как при $t \rightarrow \infty$ СМО попадает либо в состояние $E_{m,m-1}$, либо в $E_{m,m+1}$, то

$$E_{m,m-1} + E_{m,m+1} = 1.$$

Для нахождения этих вероятностей составляем систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dE_{m,m-1}(t)}{dt} &= m\mu E_m(t); \\ \frac{dE_m(t)}{dt} &= -[m\mu + \lambda(n-m)]E_m(t); \\ \frac{dE_{m,m+1}}{dt} &= \lambda(n-m)E_m(t). \end{aligned} \quad (5)$$

От системы дифференциальных уравнений переходим к системе алгебраических уравнений для изображений по Лапласу:

$$\begin{aligned} pE_{m,m-1}(p) &= m\mu E_m(p) + E_{m,m-1}(0); \\ pE_m(p) &= -[m\mu + \lambda(n-m)]E_m(p) + E_m(0); \\ pE_{m,m+1}(p) &= \lambda(n-m)E_m(p) + E_{m,m+1}(0), \end{aligned} \quad (6)$$

где p – комплексная переменная.

Так как в начальный момент времени $t = 0$ система массового обслуживания находится в состоянии m , то решать систему уравнений (6) необходимо при начальных условиях

$$E_{m,m-1}(0) = E_{m,m+1}(0) = 0; \quad E_m(0) = 1.$$

Тогда получим следующие выражения для изображений:

$$\begin{aligned} pE_{m,m-1}(p) &= m\mu E_m(p); \\ E_m(p) &= \frac{1}{m\mu + \lambda(n-m)}; \end{aligned} \quad (7)$$

$$pE_{m,m+1}(p) = \lambda(n - m)E_m(p).$$

Согласно теореме о конечном значении оригинала [3] имеем:

$$E_{m,m-1} = \lim_{t \rightarrow \infty} E_{m,m-1}(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pE_{m,m-1}(p) = \frac{m\mu}{m\mu + \lambda(n - m)}; \quad (8)$$

$$E_{m,m+1} = \lim_{t \rightarrow \infty} E_{m,m+1}(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pE_{m,m+1}(p) = \frac{\lambda(n - m)}{m\mu + \lambda(n - m)}.$$

Очевидно, что $E_{m,m+1} + E_{m,m-1} = 1$.

Пример моделирования группового графика

Построим реализацию группового графика $P(t)$ активной мощности за время $T = 600$ с от восьми лесопильных рам типа 2Р100-1 четырех поточных линий, установленных в лесопильном цехе. Поточные линии осуществляют распиловку бревен с брусковкой. Исходные данные для решения примера и средние значения параметров λ и μ для этих лесопильных рам взяты из [2]:

$$\lambda = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}; \quad \mu = 3,17 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}.$$

Средние значения длительностей \bar{T}_m при $m, n = 1, \dots, 8$, вычисленные по формуле (1): $\bar{T}_0 = 4,18$ с; $\bar{T}_1 = 4,15$ с; $\bar{T}_2 = 4,12$ с; $\bar{T}_3 = 4,08$ с; $\bar{T}_4 = 4,05$ с; $\bar{T}_5 = 4,02$ с; $\bar{T}_6 = 3,99$ с; $\bar{T}_7 = 3,97$ с; $\bar{T}_8 = 3,94$ с.

Условные переходные вероятности, вычисленные по формулам (4): $E_{0,1} = 1,000$; $E_{1,2} = 0,869$; $E_{2,3} = 0,740$; $E_{3,4} = 0,612$; $E_{4,5} = 0,486$; $E_{5,6} = 0,362$; $E_{6,7} = 0,240$; $E_{7,8} = 0,119$; $E_{1,0} = 0,131$; $E_{2,1} = 0,260$; $E_{3,2} = 0,388$; $E_{4,3} = 0,514$; $E_{5,4} = 0,638$; $E_{6,5} = 0,760$; $E_{7,6} = 0,881$; $E_{8,7} = 1,000$.

Рассмотрим случайную величину ξ_1 , значения которой соответствуют начальному числу совместившихся рабочих m периодов лесопильных рам. Так как в примере рассматривается моделирование группового графика нагрузки в установившемся режиме работы поточных линий, то в качестве распределения дискретной случайной величины ξ_1 примем распределение, полученное для этого режима в [2] (табл. 1).

Таблица 1

Вероятностное распределение случайной величины ξ_1

m	E_m	m	E_m
0	0,005	5	0,205
1	0,037	6	0,097
2	0,123	7	0,026
3	0,231	8	0,003
4	0,273	–	–

Значения случайной величины ξ_1 найдем преобразованием значений «стандартной» случайной величины γ , равномерно распределенной в интер-

вале $(0, 1)$. Значения величины γ выберем из специальных таблиц [6] или с помощью датчика псевдослучайных чисел. Согласно этой процедуре случайной величине γ приписывается значение m , если

$$E_0 + E_1 + \dots + E_{m-1} < \gamma < E_0 + E_1 + \dots + E_m. \quad (9)$$

Формулу для определения случайной длительности T_m получим из уравнения обращения [4]:

$$\int_0^{T_m} f_m(t) dt = \gamma. \quad (10)$$

Выбрав одним из указанных выше способов значение γ , решим уравнение (6) и найдем значение T_m . Для этого подставим в (6) функцию (3):

$$[m\mu + \lambda(n-m)] \int_0^{T_m} e^{-[m\mu + \lambda(n-m)t]} dt = \gamma.$$

Проинтегрируем это выражение:

$$1 - e^{-[m\mu + \lambda(n-m)]T_m} = \gamma,$$

откуда

$$T_m = -\frac{1}{m\mu + \lambda(n-m)} \ln(1 - \gamma)$$

или

$$T_m = -\bar{T}_m \ln(1 - \gamma). \quad (11)$$

Для последующего описания процесса формирования группового графика введем в рассмотрение целочисленные случайные величины ξ_2, ξ_3, \dots , которые могут принимать только два значения: -1 и $+1$. На очередном шаге значение -1 , принятое случайной величиной ξ_i , ($i \geq 2$), означает, что в следующем интервале времени одна из лесопильных рам перейдет в режим холостого хода. Наоборот, значение $\xi_i = 1$ указывает на то, что число лесопильных рам, участвующих в распиловке в следующем интервале времени, увеличилось на единицу. Вероятности этих значений зависят от того, сколько лесопильных рам в этот момент времени занято распиловкой. Например, если их число составляет m , а очередное значение случайной величины $\gamma_i < E_{m,m-1}$, то в следующем интервале времени число лесопильных рам, занятых распиловкой, уменьшится на единицу, т.е. станет равным $m - 1$. В случае, если $\gamma_i \geq E_{m,m-1}$, их число увеличится до $m + 1$ и т.д. Таким образом, сумма

$$S_k = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_k$$

есть число лесопильных рам, занятых распиловкой на k -м интервале времени. При этом

$$0 \leq S_k \leq n \quad (\text{при } k = 1, 2, \dots),$$

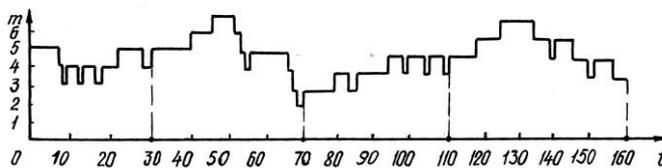
где n – общее число лесопильных рам.

Очевидно, что для нашего случая электроприемников одинаковой мощности и режима работы достаточно построить график $m(t)$ числа лесопильных рам, одновременно занятых распиловкой, который в другом масштабе является искомым графиком мощности $P(t)$.

Таблица 2

Значения ординат и длительностей графика $m(t)$

$m(t)$	5	4	3	4	3	4	3	4	5	4	5	6	7
T_m, c	8,1	0,7	0,4	3,4	0,7	4,4	1,7	4,3	6,7	1,6	11,5	6,0	6,0

Рис. 2. Реализация группового графика $m(t)$

Рассмотрим процесс формирования ординат графика $m(t)$. Из таблиц случайных чисел выбираем первое значение $\gamma_1 = 0,865$. Тогда по выражению (5) с помощью табл. 1 находим значение первой ординаты графика $m(t)$, равное 5. Далее по формуле (7) определяем, что ордината $\xi_1 = m = 5$ имеет длительность $T_5 = 8,1$ с. Следующее значение $\gamma_2 = 0,159$ меньше, чем $E_{5,4} = 0,638$. Исходя из этого $\xi_2 = -1$, во втором интервале времени происходит уменьшение числа лесопильных рам, занятых распиловкой, на единицу, т.е. $m = 4$. Уровень $m = 4$ длится 0,7 с, а затем ($\gamma_3 = 0,079$) снова происходит уменьшение ($E_{4,3} = 0,514$) числа работающих лесопильных рам на единицу ($\xi_3 = -1$) и т.д. Таким образом, получается искомая реализация группового графика $m(t)$, которая частично представлена на рис. 2 и в табл. 2.

Реализации групповых графиков, получаемые по предложенному методу, тождественны реальным графикам по следующим характеристикам: вероятности, средние значения и дисперсии ординат, средние длительности, частоты, а также распределения длительностей ординат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев С.П. К анализу электропотребления рамных лесопильных потоков // Повышение эффективности энергетических систем и оборудования: Сб. науч. тр. АГТУ. – Архангельск, АГТУ, 2001.
2. Агеев С.П. Расчет параметров нагрузки электрических сетей лесопильного производства // Лесн. журн. – 2001. – № 5. – С. 94–105. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Араманович И.Г., Лунц Г.Л., Эльсгольц Л.Э. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. – М.: Наука, 1968. – 416 с.
4. Голенко Д.И. Моделирование и статистический анализ псевдослучайных чисел на электронно-вычислительных машинах. – М.: Наука, 1965. – 228 с.

-
5. Основы построения промышленных электрических сетей / Г.М. Каялов, А.Э. Каждан, И.Н. Ковалев, Э.Г. Куренный. – М.: Энергия, 1987. – 352 с.
6. *Соболь И.М.* Метод Монте-Карло. – М.: Наука, 1985. – 80 с.

Архангельский государственный
технический университет

S.P. Ageev

**Clustered Diagram Simulation for Electric Network Load
of Sawmill Plant**

The common method of clustered diagram simulation for real power of electrical receivers of sawmill plant is suggested.



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*902(049.3)

*Н.А. Бабич***КНИГА О СЕВЕРНОМ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ**

«Историю нельзя изменить. У нее можно только учиться! Над историей не властен никто, ее не переделать. Ее только можно хранить и, чем бережнее, тем лучше!» – с такими прекрасными словами обращаются к читателю авторы книги «История Архангельского лесоустройства» С.В. Ердяков, О.А. Неволин, Б.В. и Д.В. Трубины, С.В. Торхов (Архангельск, 2000. – 190 с.) – известные не только на Европейском Севере, но и в России лесоустроители, поднимающие авторитет этой отрасли лесного хозяйства своим многолетним самоотверженным трудом.

Эти бесспорно правильные и меткие утверждения авторов явились стержнем книги. В ней описаны главнейшие события, связанные с использованием и устройством лесов Севера от начала XVIII в. до середины XX в., подробно освещена история Архангельского лесоустройства второй половины XX столетия.

Если на время забыть о многих тысячах гектаров таежных лесов, приведенных в известность, сотнях тысяч километров обустроенных просек и прорубленных визиров, а вспомнить лишь о зарождении лесной типологии в трудах лесоустроителей-северян, то уже только этим они заслуживают доброй памяти и уважения поколений лесоводов.

Первая классификация типов насаждений для лесов Европейского Севера была разработана В.Д. Петропавловским и применена при устройстве в 1893 г. Неленгско-Коковинской удельной лесной дачи Шенкурского уезда Архангельской губернии. Затем свои классификации использовали И.И. Гуторович при исследовании лесной дачи Сольвычегодского уезда Вологодской губернии (1897 г.) и П.П. Серебренников при устройстве в 1896 г. Вершинской удельной лесной дачи (1904, 1913 гг.).

Таким образом, эти северные лесоустроители предельно просто разрешили проблему хозяйственного разделения лесонасаждений при обследовании и устройстве обширнейших лесных пространств Европейского Севера России.

Книга состоит из двух емких взаимосвязанных документальных глав: «Очерк истории лесоустройства на Европейском Севере до 1950 г.» и «Архангельское лесоустройство второй половины XX века».

В основу книги положены судьбы людей – работников Архангельского лесоустройства, их созидательный труд в малообжитой, труднодоступной тайге. Это творческая находка авторов, подсказанная добрыми делами первопроходцев северных лесов.

Книга прекрасно оформлена 216 рисунками (фотографии, схемы), которые удачно дополняют текстовый материал. Неоспоримо воспитательное значение книги для потомков, будущих лесоводов-лесоустроителей. Она будет полезна и интересна всем, кому близки проблемы русского леса.

Архангельский государственный
технический университет

N.A. Babich

Book on Northern Forest Management

УДК 630*9 (049.3)

В. А. Усольцев

О КНИГЕ Ю.В. ЛЕБЕДЕВА*

Рецензируемая книга «Эколого-экономическая оценка лесов Урала» (Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. – 214 с.) вышла как научное издание УрО РАН. Она представляет собой расширенный вариант «Методики экономической оценки лесов» (1995 г.), разработанной Ю.В. Лебедевым при поддержке Свердловского областного правительства и утвержденной центром «Эколес» (на правах ТОО), учредителем которого является сам автор. Ю.В. Лебедев – доктор технических наук, заведующий лабораторией эколого-экономических проблем лесопользования Института леса УрО РАН.

Любому профессионалу известно значение терминологии в науке. К сожалению, нельзя согласиться с терминологическими новациями Ю.В. Лебедева. Он вводит, например, такое понятие, как «временная эпюра реализации эффекта леса», которое больше подходит к сопротивлению материалов, чем к лесу. Часто искажаются устоявшиеся термины и словосочетания: «углекислогазопоглощающая» функция вместо «углерододепонирующая», «состав воздуха атмосферы» вместо «газовый состав атмосферы» и др. Приводятся непонятные выражения: «лесные экосистемы как источник трудовых ресурсов» (с. 20), «десять конкретных направлений экологических факторов в жизни растений» (с. 158), «когда экологические факторы рассматривались хотя бы в качестве специфического ресурса территории» (с. 7). Уральский лесовед проф. Н.А. Луганский на с. 156 с удивлением прочтет, что под динамикой насаждений сам он понимает «изменение диаметра, площади питания и размеров крон».

Ю.В. Лебедев пишет: «В нашей работе под эколого-экономической оценкой лесов понимается, во-первых, совокупность действий по определению ценности лесных экосистем и, во-вторых, представление полученной в результате этих действий информации о ценности данных экосистем» (с. 4–5). И все. Как будто до него не работали в области эколого-экономической оценки лесных ресурсов академики В.И. Переход и В.С. Немчинов, профессора М.М. Орлов, П.В. Васильев, А.А. Цымек, Б.С. Спиридонов и др. Известных ученых эколога П. Дювиньо и лесоэкономиста проф. Е.Я. Судачкова Ю.А. Лебедев цитирует как «Дювень» и «Судаков».

Автор нечетко излагает свои мысли. Например, во введении он выделяет два подхода к оценке леса: а) лес как элемент общественной жизни; б) лес как элемент экономической сферы. Это явно надуманная классификация. На сегодня есть концепция устойчивого развития, предполагающая комплексную, всеохватывающую оценку лесных полезностей. Все частные

* Печатается с сокращением.

подходы, включая чисто потребительский, не могут быть предметом рассмотрения без связи с остальными. Здесь автор, приводя книгу Ф.К. Арнольда «Русский лес» в качестве примера исключительно потребительского подхода, оскорбляет память выдающегося русского лесоведа прошлого века. Если бы он раскрыл эту книгу, то на первой же странице обнаружил перечень рассматриваемых проблем: хозяйственное значение леса; взгляд на лес с точки зрения гигиенической; влияние леса на развитие в человеке возвышенных чувств и патриотизма, государственное значение леса. Последнее созвучно с нынешним понятием национальной безопасности страны.

В разделе «Лес как природное явление» Ю.В. Лебедев пишет: «В литературе существуют различные понятия о лесе – как о древостое и насаждениях и как о саморегулирующейся экологической системе» (с. 11). Студенты лесохозяйственного факультета знают, что и древостой, и насаждение входят в понятие «лес», но не являются его синонимами, а объем понятия саморегулирующейся системы слишком широк, чтобы отражать специфику понятия «лес». Отметив вскользь, что «обоснование понятия «лес» как природного явления» (так написано Ю.В. Лебедевым) уже дано создателем учения о лесе проф. Г.Ф. Морозовым, создателем биогеоценологии акад. В.Н. Сукачевым и др., он, вместо изложения их сути, преподносит читателю некую эклектическую смесь. О роли гравитационного поля Земли в лесной экосистеме он говорит, что «если бы не было этой энергии, растение распалось бы на атомно-молекулярном уровне» (с. 14).

У Ю.В. Лебедева нет собственных экспериментов в лесных экосистемах, и потому очевидно его стремление скрыть явно компилятивный характер своего издания. Во введении он лишь мельком упоминает об использовании им материалов исследований нескольких екатеринбургских институтов, а по тексту никаких ссылок не дает.

Ю.В. Лебедев полностью игнорирует систему государственного учета лесного фонда (ГУЛФ). Благодаря ей все леса нашей страны приведены в известность, информация об их полной таксационной характеристике регулярно, через каждые 10 лет, обновляется и хранится в виде банков данных на магнитных носителях. Начиная с самых первых лесозономических исследований, материалы ГУЛФ служили в качестве количественной основы любого лесозономического анализа или прогноза.

Сегодня все прогнозы динамики лесосырьевых ресурсов выполняются на основе данных ГУЛФ. Во ВНИИЦлесресурсе, Институте леса СО РАН и других организациях разработаны и совершенствуются методики таких прогнозов на основе поведельных банков данных. Ю.В. Лебедев всем этим пренебрегает и выводит целую систему всевозможных поправочных коэффициентов, взятых неизвестно где и неизвестно по какой методике. Простая экстраполяция таких усредненных коэффициентов на лесопокрытые площади дает колоссальные (до 50 % и более) систематические ошибки.

Некоторые приводимые автором книги данные неправильно истолкованы. Это касается, например, поправочных коэффициентов в табл. 2 (с. 34). Ю.В. Лебедев делает ссылку на четыре источника их получения, два

из которых – мои монографии, написанные по лесам Казахстана и никакого отношения к уральским лесам не имеющие. Третья посвящена совсем другой теме, а в четвертой есть лишь минимальные отрывочные сведения для единственной породы – сосны и только по кроне. По корневым системам данных нет не только в цитируемых источниках, но и вообще для Урала, так как фитомасса корневых систем в лесах Урала ни по одной породе не исследовалась. Тем не менее автор приводит такие данные по Свердловской области не только для всех лесобразующих пород, но и по всем лесотипологическим спектрам. Непонятно, откуда они взяты. К тому же они совершенно неприемлемы не только для профессионала, но и для рядового читателя. Согласно утверждениям Ю.В. Лебедева, масса корневых систем, включая пень, у сосны составляет 6, а у березы 4 % от надземной. Как может дерево, находящееся под действием колоссальных боковых ветровых и других внешних нагрузок, удерживаться в вертикальном положении благодаря корневой системе, масса которой лишь 4 % от надземной?

Ю.В. Лебедев не видит разницы между массами корневой системы и пневого осмола, составляющего не более 2 ... 5 % от массы корней. Ссылаясь на публикацию А. Василевского и И. Крастыньша, где изложен опыт заготовки всего лишь пневого осмола, Ю.В. Лебедев пишет (с. 34): «Экономически доступные и реальные объемы древесины пней и корней, сучьев и ветвей (но не осмола. – *В.У.*) определяются на участках сплошных рубок с объемом стволовой древесины не менее 200 м³/га». Комментарии излишни.

Во введении автор пишет о необходимости критериев оценки абсолютной ценности леса для общества, однако в разделе «Воспитательная и образовательная роль леса» (с. 98–101) дальше традиционно эмоциональных дифирамбов лесу не идет. Он пытается дать оценку кислородопroduцирующей функции леса по цене кислорода, производимого промышленным способом, и даже денежную оценку человеческой жизни. И в то же время уходит от проблемы формы собственности. Последняя в какой-то мере раскрыта в коллективной монографии красноярских лесозащитников «Проблемы устойчивого лесопользования» (1998), однако ни одного из ее авторов в списке цитируемых имен у Ю.В. Лебедева не найти.

Сегодня уже общепризнана смена парадигм (от ресурсной к биосферной) в лесоводстве. Ю.В. Лебедев этот факт игнорирует и в разделах 1.2 и 1.3 продолжает утверждать, что «экологические функции лесов только способствуют получению данной продукции» (с. 18) или рассматривает «...средоформирующие функции леса, обеспечивающие возможность получения данной продукции» (с. 28) (т. е. продукции лесопользования. – *В.У.*). Во всем мире оценивают, прежде всего, глобальную биосферную функцию леса, и неважно, о территории какого размера идет речь. В связи с необходимостью компенсации антропогенных выбросов CO₂ получает стоимостную оценку каждая тонна углерода, депонируемого лесной растительностью. Эти оценки варьируют в разных странах от 2 до 80 долларов, а в расчете на 1 га лесопокрытой площади – от 80 до 3000 долларов. Аналогичен подход к оценке ущерба от других загрязнителей, разрабатывается между-

народная система кредитов и компенсаций за загрязнение среды. Япония выплатила России несколько миллионов долларов в качестве компенсации за нейтрализацию российскими лесами ее промвыбросов. А в это время Ю.В. Лебедев выискивает копеечные доходы от ивового корья (с. 36).

Подход к оценке биосферной функции лесов в мировой литературе не имеет ничего общего с предложениями автора. Сегодня подсчитано, что для компенсации всех антропогенных выбросов в атмосферу потребовалось бы засадить лесами площадь размером с Европу – от Атлантики до Урала. Конечно, нереально изыскать такие свободные площади в перенаселенной Европе, но для России здесь открываются огромные перспективы. Эффективность фотосинтеза лесов втрое выше, чем травянистой растительности, и наибольшие резервы скрываются в облесении всех неудобных или неиспользуемых земель, в замене малопродуктивных насаждений высокопродуктивными путем мелиораций, реконструкции и т. д.

Ю.В. Лебедев изначально не учитывает мировой опыт лесозаконо-мических исследований и не дает никакого анализа или ссылок хотя бы на один из многочисленных отечественных и зарубежных литературных источников.

Я специалист в области не эколого-экономической, а скорее эколого-таксационной оценки лесных ресурсов. Поэтому свое слово должны сказать и лесные экономисты.

После выхода книги Ю.В. Лебедева я с удивлением обнаружил там себя в роли не только консультанта (с. 9), но и ответственного редактора. Не знаю, как ему удалось обойти существующий порядок представления рукописей.

Обидно, что книга Ю.В. Лебедева использована им в качестве аргумента для оценки ущерба, наносимого лесам в результате загрязнений.

Уральская государственная
лесотехническая академия

V.A. Usoltsev

About Book by Yu.V. Lebedev

УДК 630*(420.5)(049.3)

Н.А. Бабич

ИНТЕРЕСНАЯ КНИГА

В Уральской лесотехнической академии вышла в свет монография «Творческое наследие уральских лесоводов XIX – начала XX вв.», написанная кандидатом сельскохозяйственных наук, доцентом кафедры лесных культур и мелиорации УГЛТА Н.Н. Черновым (Екатеринбург, 2001. – 580 с.). Книга посвящена становлению дореволюционного уральского лесного хозяйства, творческому вкладу уральских лесоводов в развитие российского лесоводства.

На Урале к началу XIX в. на большинстве железоделательных заводов в связи с нерегулируемой рубкой близлежащих лесов возникли большие трудности с обеспечением металлургических производств древесным топливом, что вызвало необходимость разработки мер по экономии древесины, проведению лесоустройства, упорядочению лесопользования, организации охраны и воспроизводства лесов.

С выходом в свет в 1830 г. «Инструкции об управлении лесной частью на горных заводах хребта Уральского по правилам лесной науки и доброго хозяйства» (инструкции Е.Ф. Канкрина) работы по организации лесного хозяйства развернулись под руководством главного лесничего уральских горных заводов И.И. Шульца на огромной территории свыше 8 млн га. Несколько позднее организация правильного лесного хозяйства началась в Пермском майоратном имении графов Строгановых на площади свыше 500 тыс. га под руководством другого выдающегося уральского лесовода А.Е. Теплоухова. Деятельность И.И. Шульца и А.Е. Теплоухова, их учеников и последователей составила славную страницу в истории уральского лесоводства.

В книге впервые воссоздана история становления и развития лесного хозяйства на Урале в лесах различных форм собственности и управления в увязке с размещением и развитием хозяйственно-экономических структур, дана оценка эффективности применявшихся на Урале форм и способов ведения лесного хозяйства. Подробно рассмотрен творческий вклад наиболее видных уральских ученых-лесоводов: И.И. Шульца, А.Е. Теплоухова, Н.Г. Малыгина, Ф.А. Теплоухова и др. в разработку основ ведения лесного хозяйства, в первую очередь техники лесоустройства, организации лесного хозяйства, способов рубок и искусственного лесовосстановления. Впервые эти мероприятия были разработаны и в широких масштабах осуществлены именно на Урале, где лесное хозяйство велось достаточно интенсивно.

Монография представляет большой исторический и краеведческий интерес. В книге приведены биографические и служебные данные о боль-

шинстве лесоводов, работавших до революции в лесах Горного и Лесного департаментов, Оренбургского казачьего войска, Удельного ведомства, в вотчинных лесах. Интересны сведения об уральских лесных династиях, из которых наиболее известны Теплоуховы.

В обширном заключении автор дает оценку творческого наследия уральских лесоводов с современных позиций, показывает их вклад в развитие лесного хозяйства России.

Книга объемом 33 уч.-изд. л. прекрасно оформлена, иллюстрирована копиями фотографий дореволюционного периода и будет несомненно полезна для ученых и практических лесоводов.

Архангельский государственный
технический университет

N.A. Babich
Interesting Book

УДК 630*81(049.3)

В.И. Мелехов

НОВАЯ КНИГА О ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИИ*

Вышло в свет третье, переработанное издание учебника для лесотехнических вузов, созданного известным ученым-древесиноведом, знатком древесины во всех ее проявлениях, профессором, доктором технических наук Борисом Наумовичем Уголевым.

Предыдущее издание (1986 г.) учебника выдержало испытание временем и зарекомендовало себя с самой лучшей стороны в деле подготовки специалистов высокой квалификации, но с момента его выхода появились новые исследования, современные подходы и идеи, адаптированные к вопросам древесиноведения и лесного товароведения, а сама книга стала библиографической редкостью. Кроме того, в учебной литературе по этой тематике ощущался определенный вакуум. Поэтому третье издание учебника оказалось весьма своевременным.

Учебник состоит из двух основных разделов и обширного введения, в котором нашли отражение все основные направления исследований в древесиноведении, в нем представлены последние информационно-статистические данные о мировых запасах древесины, доле России в лесном комплексе, наиболее лесопотребляющих отраслях промышленности.

В первом разделе изложены вопросы древесиноведения. Автору удалось в содержательной, но не чрезмерно развернутой форме, показать строение дерева, древесины, коры, представить химические, механические свойства древесины, а также отметить изменчивость и взаимосвязь этих свойств. При этом рассмотрены основные методические подходы к определению характерных свойств древесины, особенно механических и физических, а также приведены основные показатели свойств древесины, в том числе стандартизованные.

Большое внимание в рецензируемом учебнике уделено изучению пороков древесины, методам ее защитной обработки для повышения стойкости, что в настоящее время вызывает практический интерес и имеет перспективы развития.

Значительно переработана и расширена глава «Строение древесины и коры», особенно параграф «Макроскопическое строение древесины», при этом сокращены вопросы анатомического строения древесины на клеточном уровне.

* Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения // Учебник для лесотехнических вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.

Второй раздел учебника посвящен вопросам лесного товароведения. Он содержит сведения о классификации и стандартизации лесных товаров, подробнее охарактеризованы круглые лесоматериалы, области их использования, технические требования к ним. Большое внимание уделено методам испытаний пиломатериалов и заготовок, определению качества пилопродукции. Приведены характеристики и рассмотрены особенности продукции из измельченной древесины, композиционных и клееных древесных материалов.

Особого внимания заслуживает новая глава, посвященная методам измерения круглых лесоматериалов, контроля их качества и маркировки на основе общеевропейской системы стандартизации.

В то же время, на наш взгляд, учебник имеет некоторые недостатки. Можно было бы глубже осветить вопросы повышения биологической и эксплуатационной стойкости древесины, характеристики перспективных композиционных материалов, в частности плит ОСБ, МДФ, а также конструкций из строганых профилированных материалов (паркет и другие технические решения покрытия полов, столярно-строительные изделия и др.).

Желательно было бы поместить цветные иллюстрации, особенно при описании строения и пороков древесины и в разделе лесного товароведения. От этого книга только бы выиграла.

В целом учебник написан на высоком методологическом и методическом уровне, энциклопедичен, соответствует стандарту по учебной дисциплине «Древесиноведение с основами лесного товароведения», восполняет отсутствие учебной литературы по этой теме, является существенным вкладом в дело подготовки специалистов для лесных отраслей промышленности.

Архангельский государственный
технический университет

V.I. Melekhov

New Book on Wood Science



КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3:630*81

**СЕССИЯ И СЕМИНАР КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА
ПО ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЮ В ЧЕРНОГОЛОВКЕ**

Очередная годовая сессия межгосударственного Регионального координационного совета по современным проблемам древесиноведения (РКСД), функционирующего под эгидой Международной академии наук о древесине (ИАВС), состоялась 26–28 сентября 2001 г. Для дальнейшего укрепления и развития связей между вузовской и академической наукой сессия была проведена на базе Института физики твердого тела (ИФТТ) РАН в Черноголовке (под Москвой). В рамках сессии работал семинар на тему «Древесина дуба и ее использование».

В сессии и семинаре приняли участие члены РКСД – преподаватели вузов и сотрудники академических институтов. Ряд членов РКСД прислали письменные сообщения.

В опубликованной информации «РКСД–2001» отражены результаты деятельности вузов и научных организаций Москвы, С.-Петербурга, Архангельска, Красноярска, Воронежа, Брянска, Йошкар-Олы, Новосибирска, Киева и Харькова (Украина), Риги (Латвия), Познани (Польша), Шопрона (Венгрия) в области древесиноведения.

На сессии директор ИФТТ акад. РАН Ю.А. Осипьян сообщил о работе института и перспективах совместных исследований древесины.

В докладе председателя РКСД акад. Б.Н. Уголева была освещена деятельность Совета за отчетный период, отмечена важность проводимых в области физики древесины исследований, которые пока имеют значительно меньшие объемы, чем в биологии и химии.

Для развития древесиноведения необходимо достаточное финансирование. Определенные возможности создают программы интеграции науки и образования. Существенную роль должно сыграть повышение уровня древесиноведческой подготовки в вузах путем внедрения новых образовательных стандартов. В этих стандартах, кроме общих базовых курсов древесиноведения и лесного товароведения, представлены продвинутые курсы «Физика древесины», «Механика древесины и древесных материалов» и др. Для пополнения корпуса древесиноведов необходимо поощрять защиту диссертаций по чисто древесиноведческой тематике, что полностью соответствует новому названию научной специальности ВАК 05.21.05. Большую пользу могут принести филиалы кафедр древесиноведения на базе академических институтов.

При РКСД успешно функционирует Реестр экспертов высшей квалификации в области древесиноведения, лесного товароведения и сопред-

дельных дисциплин. Многие члены РКСД приняли участие в научных конференциях в Брянске, Воронеже, Одессе, Мюнхене, Давосе, Ницце.

В докладах и сообщениях российских участников сессии были освещены исследования влияния генетических факторов и экологических условий на формирование структуры и свойств древесины; массы и плотности клеточных стенок трахеид; экспресс-методов определения содержания органических веществ путем микрокалориметрии; содержания экстрактивных веществ в древесине дуба в зависимости от ширины годичных слоев и гидротермических воздействий; строения и свойств древесины мореного дуба; условий самовозгорания древесины дуба и других пород; памяти древесины на деформационные превращения при воздействии нагрузки и циклических изменениях влажности (температуры); влагопоглощения диспергированной древесины; сравнительных характеристик древесины дуба и модифицированной древесины; биостойкости древесины лиственницы; аммонолиза коры сосны для получения азотосодержащих удобрений; методов термобародиффузионного модифицирования древесины для получения декоративного материала; свойств резонансной древесины; изменчивости плотности ольхи серой и др.

В Украине проводили сравнительное изучение свойств различных видов древесины дуба, способов сушки натурального и мореного дуба; в Латвии исследовали влажностные деформации древесных композитов, в Венгрии – ложное ядро бука, строение и свойства тополей, белой акации, в Польше – изменчивость свойств древесины, реологию и механику разрушения, влажностные и термические напряжения древесины.

Было сообщено об участии России в Техническом комитете 218 «Лесоматериалы» Международной организации по стандартизации.

На сессии избраны новые члены РКСД: д-р биол. наук Г.Ф. Антонова (Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН), канд. физ.-мат. наук Н.В. Классен и канд. техн. наук Н.Т. Коновалов (ИФТТ РАН, Черногоровка).

Участники сессии тепло поздравили д-ра хим. наук, зам. директора Института леса СО РАН С.Р. Лоскутова с избранием академиком ИАВС.

На сессии постановили очередную сессию РКСД провести в 2002 г. на базе Брянской государственной инженерно-технической академии.

Участникам сессии была предоставлена возможность посетить лаборатории и ознакомиться с достижениями в области физического материаловедения в Институте физики твердого тела и Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Научного центра РАН в Черногоровке.

Б.Н. Уголев

Московский государственный
университет леса

B.N. Ugolev

**Session and Seminar of Coordination Council on Wood Science
in Chernogorovka**



ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

ГЕОРГИЙ ИВАНОВИЧ ЧИЖОВ

26 февраля 2002 г. исполнилось 60 лет со дня рождения Г.И. Чижова, доктора технических наук, профессора С.-Петербургского государственного технического университета растительных полимеров.

Свою трудовую деятельность он начал в 1959 г. учеником слесаря на заводе авиационного моторостроения. В 1960 г. поступил на химико-технологический факультет Ленинградской лесотехнической академии, одновременно в течение двух лет работал на Ленинградской бумажной фабрике № 1 им. Горького учеником накатчика и сушильщиком. После окончания в 1965 г. ЛТА был направлен начальником смены бумажной фабрики Чеховского целлюлозно-бумажного комбината. В 1968 г. поступил в аспирантуру при кафедре технологии целлюлозно-бумажного производства ЛТА. После успешной защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук был оставлен на этой же кафедре, пройдя путь от ассистента до заведующего кафедрой. В 1988 г. получил степень доктора технических наук. С 2001 г. заведует кафедрой технологии бумаги и картона С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров.



Коллеги и ученики профессора Г.И. Чижова отмечают его блестящее педагогическое мастерство, широкий научный кругозор, глубокие и разносторонние знания, демократичность и доброжелательность.

Коллеги и ученики профессора Г.И. Чижова отмечают его блестящее педагогическое мастерство, широкий научный кругозор, глубокие и разносторонние знания, демократичность и доброжелательность.

Научные интересы Г.И. Чижова, начиная с аспирантуры, связаны с изучением различных аспектов применения солей алюминия в производстве бумаги и бумагоподобных материалов. Им установлено, что введение в бумажную массу сернокислого алюминия, алюмината натрия и других солей алюминия в сочетании с активным регулированием рН среды позволяет существенно повышать прочность в сухом и влажном состояниях, а после термообработки получать влагопрочную бумагу. Он показал, что при использовании алюмината натрия можно успешно модифицировать некоторые наполнители и клеи для придания им катионных свойств. В последние годы основные его работы посвящены изучению возможности применения со-

единений алюминия в качестве неорганических связующих в бумагоподобных композитных материалах из минеральных и искусственных волокон, которые широко применяются в космической, авиационной, атомной и др. областях промышленности. За успехи в научной деятельности Георгий Иванович награжден медалью РАЕН. Им опубликовано более 170 научных трудов.

Много времени Г.И. Чижов уделяет подготовке специалистов высшей квалификации. Он член двух диссертационных советов, под его руководством более десяти соискателей успешно защитили диссертации.

Приветствуя Георгия Ивановича Чижова по случаю юбилея, желаем ему крепкого здоровья, творческих успехов и благодарных учеников.

Коллеги и ученики

Colleagues and progeny

Georgy I. Chizhov

УДК 06.091

ОДЕРЖИМЫЙ УЧЕНЫЙ

Исполнилось 85 лет со дня рождения и 62 года производственной, научной и педагогической деятельности Павла Николаевича Алентьева, доктора сельскохозяйственных наук, профессора кафедры лесохозяйственных дисциплин Майкопского государственного технологического института, почетного академика РАЕН, заслуженного лесоведа России.

Он начал работать в лесном хозяйстве в 1939 г. лесничим Елабужского лесничества (Татарстан). В 1942–1945 гг. сражался на фронтах Великой Отечественной войны. После демобилизации работал старшим лесничим лесхоза, затем главным лесничим лесозащитной станции. В течение 28 лет трудился в системе ВНИИЛМ директором лесных опытных станций – вначале Шиповской (1952–1962 гг.), затем Северокавказской (1962–1980 гг.). В 1980–1995 гг. – ведущий научный сотрудник Белореченского научно-производственного селекционного лесхоза, преобразованного в селекционный центр. С 1996 г. Павел Николаевич работает в Майкопском ГТИ.



П.Н. Алентьев опубликовал более ста печатных работ. Он является одним из ведущих специалистов России по вопросам восстановления дубрав, разработал полосный трехрядный способ создания культур дуба, который внедрен на площади 20 тыс. га. Шесть монографий и многочисленные рекомендации ученого являются настольными книгами для работников производства и студентов лесных вузов России. Там, где работал Павел Николаевич, он оставил о себе память в виде прекрасных культур дуба, сосны, лиственницы, каштана съедобного, ореха черного, возраст которых от 20 до 62 лет.

За успешную, долголетнюю и активную работу в лесном хозяйстве П.Н. Алентьев награжден правительственными и областными почетными грамотами, имеет три медали ВДНХ СССР, в том числе одну серебряную за разработку научных основ разведения ореха черного в России, патент на изобретение, является соавтором фундаментального «Руководства по лесовосстановлению в горных лесах Северного Кавказа».

Павел Николаевич никогда не останавливался на достигнутом. Еще работая в Шиповом лесу, он установил, что на полянах культуры сохраня-

ются, а на вырубках в массе гибнут, заглушаясь быстрорастущими породами. У лесоводов нет заинтересованности в конечном результате лесовосстановления.

П.Н. Алентьев доказывал, что производство культур можно считать завершенным лишь тогда, когда они надежны и выведены в первый ярус. С этими идеями он неоднократно выступал на конференциях, в печати, обращаясь в руководящие органы лесного хозяйства.

По результатам многолетних исследований ученый разработал «Рекомендации по повышению эффективности лесных культур на вырубках в дубравах после передачи их в покрытые лесом земли». В 2000–2001 гг. они прошли опытно-производственную проверку в Гузерипльском (Республика Адыгея) и Хадыженском (Краснодарский край) лесхозах и находятся на рассмотрении в Министерстве природных ресурсов России.

Надеемся, что «Рекомендации», разработка и внедрение которых в лесное хозяйство стали по существу делом всей жизни Павла Николаевича, будут одобрены, станут «работать», что явится хорошим подарком к его юбилею.

Ю. И. Сухорук

Майкопский государственный
технологический институт

Yu.I. Sukhorukikh
Scienceridden Scientist

УДК 06.091

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ!

Исполняется 80 лет Гурьеву Тимофею Александровичу, кандидату технических наук, профессору, советнику ректора Архангельского государственного технического университета, заслуженному работнику высшей школы РФ, почетному дорожнику России, лауреату премии Ломоносовского фонда.

Тимофей Александрович родился 9 мая 1922 г. в д. Боброво Архангельской области. Окончив в 1943 г. Архангельский лесотехнический институт, работал в аппарате Главного управления Министерства лесной промышленности СССР в г. Архангельске, в 1947 – 1954 гг. – главным инженером Ньюбского леспрохоза комбината Котласлес.

С 1957 г., после окончания аспирантуры, Т.А. Гурьев связал свою жизнь с Архангельским лесотехническим институтом (ныне АГТУ): ассистент, старший преподаватель, доцент кафедры сухопутного транспорта леса, в 1974–1990 гг. – заведующий кафедрой автомобильных дорог, с 1991 г. – профессор этой кафедры, в 1965–1985 гг. – проректор по научной работе.

Т.А. Гурьев организовал подготовку инженеров по специальностям 121100 «Автомобильные дороги», 291000 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов», установил творческие связи с ведущими вузами страны (МАДИ, ЛИСИ, КАДИ, ХАДИ), дорожными и проектными организациями Архангельской, Вологодской, Мурманской, Тверской, Ленинградской, Кировской, Пермской областей, Карельской и Коми Республик. Это позволило поставить организацию учебного процесса на высокий научный уровень и в короткий срок подготовить необходимую учебно-методическую документацию. Впервые в институте по просьбе дорожно-строительных организаций он провел обучение студентов-дорожников по системе целевой индивидуальной подготовки специалистов со специализациями: пользователи САПР–АД, проектирование автомобильных дорог, изыскания автомобильных дорог.



Тимофей Александрович активно участвует в научных исследованиях по проблемам высшей школы. Опыт его работы заслушивался на заседаниях специализированного совета Минвуза СССР.

Для совершенствования учебного процесса издано 40 научно-методических работ, в том числе 7 учебных пособий объемом 35 печ. листов, комплексное компьютеризированное учебное пособие объемом 62 печ. листа по планам Минвуза РСФСР. Они используются в учебном процессе АГТУ и других вузов.

По результатам научных исследований Тимофей Александрович опубликовал 165 печатных работ. Итоги исследований были доложены им на научно-технических конференциях в ряде вузов и НИИ. Получено 9 авторских свидетельств, изобретения внедрены в практику дорожного строительства, за что ученый награжден медалью «Изобретатель СССР».

Подготовлено более 1000 инженеров-дорожников, которые работают во многих государствах СНГ. Под руководством Т.А. Гурьева пять аспирантов защитили кандидатские диссертации.

При кафедре работает региональная межвузовская научно-исследовательская лаборатория «Эффективные конструкции автомобильных дорог Северо-Запада РСФСР», научным руководителем которой является Т.А. Гурьев.

На протяжении ряда лет он был членом Научно-методического совета по высшему автомобильно-дорожному образованию Минвуза СССР, членом Совета учебно-методического объединения по автотракторным и дорожным специальностям Государственного комитета СССР по народному образованию; Минавтодор РСФСР присвоил ему звание «Почетный дорожник».

Преподавательскую и научно-исследовательскую работу Тимофей Александрович сочетает с широкой общественной деятельностью: неоднократно избирался заместителем председателя правления городской организации «Знание», секретарем и членом парткома, заместителем председателя месткома, председателем Архангельского городского отделения общества советско-болгарской дружбы и членом его центрального правления, председателем Архангельского отделения редакционного совета издательства «Лесная промышленность», председателем Архангельского областного совета по научно-исследовательской работе студентов.

За успешную производственную, научно-педагогическую и общественную работу Т.А. Гурьев награжден орденом «Знак Почета», восемью медалями (в том числе двумя медалями Болгарии), нагрудным знаком «За отличные успехи в работе», почетными грамотами Минвуза СССР и РСФСР, Союза советских обществ дружбы и культурных связей с зарубежными странами, Министерства лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности, Минавтодора РСФСР, правления общества «Знание», главной дирекции строительства НРБ в СССР, медалью за лучшую студенческую работу, а также грамотами других организаций.

Высокий профессионализм, огромный творческий потенциал, завидная работоспособность – снискали Тимофею Александровичу авторитет и уважение коллег и студентов университета. Особой благодарности заслуживает подвижнический труд ученого по изданию книг, посвященных истории университета, его ветеранам.

Поздравляя Тимофея Александровича с замечательным юбилеем, желаем ему доброго здоровья, благополучия, дальнейших достижений в благородном деле служения высшей школе.

**Ректорат Архангельского государственного
технического университета**

Rectorate of Arkhangelsk State Technical University
Congratulations on Jubilee
